COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 JANVIER 1891,

PRÉSIDENCE DE M. DUCHARTRE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉODÉSIE. — *Sur l'hypothèse du sphéroïde et sur la formation de la croûte terrestre;* par M. **H. Faye**.

« Au siècle dernier, les géomètres et les astronomes attribuaient à la surface mathématique de notre planète la figure d'un ellipsoïde de révolution aplati aux pôles. Tous les astres du système solaire, dont les molécules ont joui à l'origine et jouissent encore en partie de l'extrême mobilité des fluides, ont pris en effet, sous la seule influence des attractions mutuelles de ces particules, une figure sphérique, comme le Soleil, la Lune, etc., et, pour ceux dont la rotation est la plus rapide, comme Jupiter et Saturne, une figure de révolution dont l'ellipticité est manifeste. La grande Commission du système métrique est partie de cette idée. Quand elle entreprit de mesurer la Terre avec une précision inconnue

avant elle, elle se préoccupa naturellement des irrégularités de sa surface physique ; mais il lui parut suffisant de donner à ses mesures le plus d'étendue possible, et d'éviter d'en faire aboutir les extrémités au voisinage des grandes chaînes de montagnes.

» Peu après l'établissement du système métrique, quelques savants pensèrent que les dislocations de la croûte terrestre devaient avoir altéré profondément la surface de niveau des mers et l'avoir transformée en un sphéroïde tout à fait irrégulier. Mais, pour apprécier sainement l'influence de ces dislocations géologiques, il aurait fallu savoir comment elles se sont produites. Si les hauts plateaux de l'Asie, par exemple, étaient dus au transport horizontal, d'une région à l'autre, de masses considérables de roches et de sédiments, il en serait certainement résulté une déformation notable dans la surface de niveau des mers. En serait-il de même si ces grandes saillies étaient dues à un déplacement de matériaux dans le sens vertical? La question ne fut même pas posée. L'idée d'un sphéroïde restait donc à l'état de supposition gratuite. Laplace l'a si bien compris qu'il a tenté de s'appuyer sur les mesures mêmes des géodésiens et de prouver qu'en fait la Terre n'était pas un ellipsoïde de révolution.

» Pour faire apprécier la démonstration de Laplace, il suffit de mettre en regard, dans le Tableau suivant, les données de son calcul et celles dont la Science dispose aujourd'hui.

Données de Laplace.			*Données des calculs actuels.*		
Dates.	Arcs mesurés.	Amplitude.	Dates.	Arcs mesurés.	Amplitude.
		°			°
1736	Pérou	3,5	1791-1862	Anglo-français....	23,2
1751	Cap...........	1,4	1816-1856	Suédo-russe......	25,3
1764	Pensylvanie....	1,6	1860	Cap.............	4,5
1751	Italie..........	2,4	1823-1873	Indes............	21,5
1792	France.........	10,7	1823-1873	Parallèle des Indes.	6,0
1762	Autriche.......	3,3	1736	Pérou...........	3,1
1736	Laponie........	1,0	1838	Prusse..........	1,5
			1838	Hanovre.........	2,0
			1838	Danemark	1,4

» Les immenses travaux de ce siècle, à quelque époque de leur développement que vous les preniez, ont toujours abouti aux mêmes conclusions. Airy en 1838, Bessel en 1840, Clarke en 1880 ont tous trouvé, non le sphéroïde de Laplace, mais un ellipsoïde de révolution bien caractérisé.

Et si l'on peut objecter que les mesures géodésiques sont uniquement relatives aux continents et qu'elles portent en grande majorité sur l'hémisphère boréal, on répondra que les mesures contemporaines du pendule donnent sensiblement la même chose; or ces mesures ont été exécutées sur les deux hémisphères, aussi bien sur les mers que sur les continents.

» *Notions géodésiques sur l'écorce terrestre.* — Dès la première période de la Géodésie, on savait parfaitement tenir compte des irrégularités visibles de la croûte terrestre. C'est ainsi que les géodésiens de cette époque calculaient les effets de l'attraction des montagnes sur le fil à plomb et s'étonnaient de trouver qu'elle ne répondait pas à la quantité de matière qu'elles représentaient en saillie sur la surface générale du globe. Il devait donc exister, disaient-ils, à l'intérieur ou au-dessous du Pichincha en Amérique, à l'intérieur ou au-dessous des Alpes, des Pyrénées ou des Apennins en Europe, de vastes cavernes pour compenser cet excédent. Ces cavernes hypothétiques ne devaient guère obtenir l'assentiment des géologues; mais ce premier aperçu, tout faux qu'il fût, laissait entrevoir une notion importante, celle des compensations qui devaient exister, dans le sens vertical, entre les densités des couches successives de l'écorce terrestre. Cette notion a pris corps à notre époque; elle a été nettement formulée par M. Pratt, lorsque ce savant calculateur des grandes opérations anglaises aux Indes eut montré que l'énorme plateau central, sur lequel s'élèvent les cimes himalayennes, n'exerce aucune action appréciable sur le fil à plomb à moins qu'on n'en vienne à la proximité immédiate de ces cimes elles-mêmes.

» Chose bien frappante alors, ce fut de voir que les observations du pendule dans les mêmes régions accusaient la même absence d'action, non plus sur la direction, mais sur l'intensité de la pesanteur. C'est ce que M. Pratt résuma en disant qu'en dépit de notre ignorance sur la loi de la formation de l'écorce terrestre les grandes dénivellations de cette écorce devaient tenir à des inégalités de contraction que cette écorce aura subies en passant de l'état liquide à l'état solide, de telle sorte qu'il existerait pour les continents, et même en partie pour les montagnes, une diminution dans la quantité de matière, à peu près égale à l'excédent qui existe au-dessus de la surface des mers. De même, au-dessous des mers il se serait produit un excès de densité égal au défaut de densité de l'eau qui en remplit les bassins. De la sorte les déformations de la surface générale de niveau pourraient être très faibles, puisque les transpositions de matière se seraient effectuées dans le sens des rayons du globe.

» J'ai retrouvé moi-même des effets analogues en Europe, au Pérou, au milieu des grands Océans ([1]). Enfin M. Helmert, directeur de l'Institut géodésique de Berlin, vient d'en signaler des traces dans les Alpes du Tyrol et dans les massifs montagneux du Caucase.

» Ainsi cette mystérieuse compensation n'est pas un fait isolé : c'est une loi générale que les irrégularités visibles se trouvent compensées par d'autres que nous ne voyons pas, de manière à conserver au globe terrestre la figure d'un ellipsoïde de révolution. Les écarts qui subsistent entre le calcul et les mesures géodésiques tiennent à d'inévitables défauts dans cette compensation; ils ne paraissent suivre aucune loi; on est donc en droit de les considérer comme des écarts accidentels. Il s'agit maintenant de faire voir que cette compensation résulte d'une loi de la nature qui s'applique particulièrement à la Terre.

» *Formation de la croûte terrestre.* — La croûte superficielle des astres se forme par leur refroidissement progressif. Si l'on considère ce phénomène dans toute sa simplicité, il n'y a pas de raison pour que la surface mathématique subisse de vastes déformations par suite des accidents locaux d'origine physique ou chimique. Par son poids, cette croûte reste constamment appliquée sur le noyau fluide, au moyen de la contraction infinitésimale de chacun de ses éléments. L'astre reste donc sphérique. Telle est la Lune, dont la surface parfaitement ronde, sauf un allongement imperceptible du rayon dirigé vers nous, ne présente que de petits accidents cratériformes bien différents de nos continents et de nos longues chaînes de montagnes. Telle serait la Terre s'il n'y avait eu, dès l'origine, autre chose qu'un refroidissement uniforme. Pour sentir la force de cet argument, il faudrait avoir sous les yeux, en même temps, une Carte de la pleine Lune et une mappemonde terrestre.

» Je m'occupais de ces comparaisons il y a plus de vingt ans, lorsque je tombai sur les sondages profonds de la frégate *la Vénus*, qui avaient mis en

---

([1]) On a observé qu'au milieu des mers le pendule donne une pesanteur un peu trop forte. Les partisans du sphéroïde qui tiennent encore à cette hypothèse, malgré les immenses mesures de ce siècle qui en démontrent la fausseté, en ont déduit que le milieu des mers est profondément déprimé au-dessous de la surface normale. Mais cet excès de pesanteur tient seulement à ce qu'on a négligé une correction indispensable, celle du support, de l'îlot sur lequel l'observateur a dû opérer. Cet îlot a en effet un excès de densité sur l'eau ambiante. En en tenant compte autant que possible, on retrouve la pesanteur normale. Quant à l'Océan lui-même, son défaut de densité est compensé par l'excès de densité de la croûte terrestre située au-dessous.

évidence ce fait bien frappant : que la température décroît verticalement dans les Océans, tandis qu'elle croît rapidement sous les continents. Elle tombe même à -1° ou -2° dans les sondages récents, par 6000^{m} ou 7000^{m} de profondeur. J'en conclus la loi suivante : *A toutes les époques, le refroidissement du globe terrestre va plus vite et plus profondément sous les mers que sous les continents*, loi que plusieurs géologues ont bien voulu admettre en France et à l'étranger [1]. Dès lors, la différence d'aspect de la Lune et de la Terre est expliquée. Sur la Terre l'écorce sous-marine, en devenant plus épaisse, pèse davantage sur la masse interne en fusion : cet excès de pression sans cesse renouvelé se propage en tous sens, sous l'écorce continue du globe, par suite de la fluidité de la masse centrale, et tend à soulever les parties faibles de cette enveloppe solidifiée, c'est-à-dire la croûte continentale, et à pousser, le long d'anciennes lignes de fracture de l'écorce primitive, des masses intérieures sous forme de chaînes de montagnes, à mesure que les bassins des mers s'approfondissent de plus en plus. La Lune, au contraire, n'a pas de mers. Les eaux profondes, si elle en a jamais eu, n'y jouent depuis longtemps aucun rôle. Il n'est pas étonnant dès lors que sa surface, criblée de cratères petits ou grands, présente un tout autre aspect, et qu'elle n'ait ni chaînes de montagnes, ni grands continents, ni profondes dépressions. Elle n'offre même aucune trace d'érosions dues à l'action des eaux; ses plages obscures sont visiblement dues à l'épanchement de masses fondues venues de l'intérieur, plutôt qu'à l'accumulation de sédiments transportés de loin par voie horizontale.

» Plus tard, je m'aperçus que cette loi rendait parfaitement compte de

---

(1) On a objecté que cet abaissement considérable de température observé à 6000^{m} ou 7000^{m} de profondeur, étant dû *aujourd'hui* à l'afflux des eaux polaires, le phénomène n'a pas dû exercer d'influence avant l'établissement des saisons sur le globe. Il y a là une méprise évidente. La loi susdite tient à cette propriété de l'eau chauffée en dessous de transmettre rapidement en haut, par convection, le moindre afflux de chaleur; elle a donc dû exister à toutes les époques géologiques. On a objecté encore que si l'on entretenait, à la surface de la croûte terrestre, une région limitée à la température de 200° au-dessus de la température du reste de la surface, cela n'aurait aucun effet bien sensible sur le refroidissement des couches profondes à cause du peu de conductibilité des roches. Là n'est pas la question. Il s'agirait, dans cette singulière supposition, de remplacer une couche d'eau épaisse d'une lieue et demie, qui conduit parfaitement tout afflux de chaleur venant du bas, par une couche de roches d'une lieue et demie d'épaisseur, dont la conductibilité en tout sens serait extrêmement faible.

la compensation plus ou moins complète dont je viens de parler. Elle a pour corollaire et pour complément le travail de la pesanteur, des eaux et des glaciers sur les parties émergées. Sur les flancs d'une vaste fracture, relevés à des hauteurs considérables, les sédiments anciens glissent parfois ou sont forcés de se replier; partout où l'écorce s'incline sur une surface de niveau, les eaux entraînent les détritus qui vont former au loin des sédiments nouveaux et modifient ainsi l'aspect du globe terrestre. Ce second travail ne saurait donner lieu à une compensation, parce qu'il opère dans un sens à peu près horizontal; mais il en est tout autrement des actions verticales primordiales qui résultent de la différence de refroidissement entre les parties immergées et les parties émergées. Lorsque la croûte sous-marine s'affaisse par son excès de densité, elle rapproche du centre des matériaux trop denses, et en même temps l'eau supérieure remplit la place qui lui est laissée libre au-dessus. Il y a donc compensation partielle ou totale. De même, lorsque la croûte continentale est peu à peu exhaussée par la poussée verticale de la masse interne qui résulte de l'affaissement susdit, elle est remplacée en dessous par une partie de la masse liquide non encore refroidie et cristallisée; là encore il y a compensation.

» Ce qui précède explique et complète la théorie des soulèvements en Géologie. Ce qui manquait à Léopold de Buch et à A. de Humboldt, c'était de pouvoir assigner la cause des puissantes impulsions qui, parties, suivant eux, de l'intérieur, allaient çà et là soulever et bosseler l'écorce terrestre. Notre théorie montre qu'elles sont dues à la réaction (sur des points faibles) d'une masse fluide enfermée dans une écorce dont une partie considérable se refroidit plus vite que l'autre et se rapproche davantage du centre par son excès de poids. En d'autres termes, il manquait à la théorie des soulèvements la loi précédente du refroidissement pour un globe recouvert en grande partie de mers profondes.

» J'ajouterai, pour tâcher de préciser quelque peu les idées, que la masse interne, maintenue depuis des millions d'années à l'état de mobilité ignée, n'exerce depuis longtemps aucun rôle géologique bien appréciable, car elle n'est atteinte par le refroidissement que par l'intermédiaire de ses couches en contact avec l'écorce solidifiée, où la marche de la chaleur est déjà si lente, et, dans cette masse énorme de liquide où des courants de toute sorte peuvent se produire, ces variations s'absorbent dans la masse entière, et ne sauraient affecter indéfiniment des parties isolées, comme cela arrive dans l'épaisseur de la croûte solide.

» Dans cette masse fluide, les couches se sont rangées de tout temps d'après l'ordre des densités des espèces chimiques, lesquelles présentent des lacunes fort disparates, mais ces couches doivent être restées homogènes. Près de la croûte, dont l'épaisseur varie d'une région à l'autre, et dans la croûte même, la succession des densités dans le sens vertical varie d'un rayon à l'autre. Il est difficile d'en apprécier l'effet sur les constantes mécaniques du globe. Toujours est-il que les mesures géodésiques, indépendantes de toute hypothèse sur ces variations, assignent à la Terre la figure d'une surface de révolution où se retrouve inaltéré l'effet de sa lente rotation, parce que cet effet intéresse l'énorme masse du globe, tandis que les dislocations superficielles n'intéressent que les minces couches superficielles. De même, les mesures des astronomes assignent à la Lune une figure analogue (sans aplatissement) dans laquelle subsiste le faible renflement double que Laplace a découvert par la théorie et que les révolutions sélénographiques n'ont pu altérer, parce que lui aussi intéresse la masse entière de notre satellite.

» En terminant, je suis heureux de dissiper les doutes que des critiques mal fondées ont fait planer longtemps, surtout à l'étranger, sur l'œuvre de la grande Commission du système métrique; on peut seulement lui reprocher, s'il est permis de s'exprimer ainsi, d'avoir adopté une vérité capitale sur de simples analogies, alors que la démonstration de cette vérité ne devait se compléter qu'au siècle suivant. »

MÉCANIQUE. — *Note sur les poulies-volants;* par M. **Léauté.**

« Le poids des volants des machines à vapeur, que l'on fixait anciennement par des règles purement empiriques, s'obtient aujourd'hui, grâce aux travaux de Coriolis et de Poncelet, par des formules algébriques ou par des méthodes graphiques bien connues des constructeurs. On sait calculer les dimensions d'un volant pour une machine destinée à effectuer un travail déterminé dans des conditions données de régularité.

» Il s'est trouvé cependant, et surtout dans ces dernières années, que pour certaines applications spéciales, comme, par exemple, pour l'éclairage électrique, la régularité fournie par les volants ordinaires était insuffisante et qu'il y avait lieu d'en augmenter l'énergie.

» Mais l'accroissement de la puissance d'un volant n'est pas sans présenter des inconvénients et plusieurs constructeurs, dans le but de les

éviter, ont eu l'idée d'utiliser les poulies de la transmission pour augmenter la régularité du mouvement.

» Cette disposition est d'autant plus efficace, dans les cas dont nous parlons, que, les poulies marchant à une grande vitesse, il suffit d'une faible augmentation du poids de la jante pour en faire des volants assez énergiques, et elle peut donner d'excellents résultats si elle est appliquée d'une manière judicieuse.

» Toutefois les constructeurs s'attachent généralement à conserver au volant de la machine sa puissance habituelle, et l'on ne possède pas encore de données pratiques bien précises sur la diminution de poids que l'on pourrait admettre pour cet organe si essentiel.

» A ce point de vue, une expérience, tentée récemment à la poudrerie de Saint-Médard-en-Jalles par MM. Lecouteux et Garnier, présente un intérêt tout particulier.

» Dans l'installation dont il s'agit, ces habiles constructeurs ont, en effet, adopté précisément la disposition inverse de celle dont il vient d'être question.

» Le volant de la machine n'a guère que le quart de la puissance qu'il devrait avoir, d'après les règles connues, pour fournir la régularité obtenue; ce sont les poulies de la transmission qui constituent, en réalité, pour la majeure partie, la masse régulatrice du mouvement du moteur.

» Quant à la liaison entre la machine et la transmission, elle est réalisée par un manchon à griffes, c'est-à-dire par un organe rigide et non par un lien élastique. Ces particularités ont pour effet d'exagérer les réactions des divers organes, de rendre plus sensibles les résultats pratiques de la disposition adoptée et de faire plus décisive cette intéressante expérience.

» Malheureusement une dénivellation survenue dans l'installation en question, dénivellation vraisemblablement due à l'insuffisance des fondations, a interrompu ces essais et il n'a pas été possible d'en tirer les enseignements qu'ils comportent.

» Mais, en attendant qu'ils puissent être repris, on peut aisément, malgré l'absence de données expérimentales, se rendre un compte assez exact des efforts qui se produisent dans l'ensemble de cette transmission.

» On reconnaît sans peine, en effet, que, au point de vue mécanique, la disposition adoptée revient à celle d'une machine à vapeur ordinaire dont le volant serait formé de deux parties : l'une calée sur l'arbre de couche, comme d'habitude, et l'autre simplement fixée sur cet arbre par

une clavette sur laquelle elle serait ajustée à frottement doux et qui porterait la courroie de commande.

» Dès lors les phénomènes à étudier rentrent dans ceux que j'ai analysés dans ma Note insérée aux *Comptes rendus* du 4 février 1889, sur les trépidations qui peuvent se produire dans l'engrenage de commande d'une transmission actionnée par une machine à vapeur. Les procédés de calcul que j'ai indiqués feront connaître les conditions à remplir dans ces sortes d'installations pour éviter les contre-coups nuisibles au bon fonctionnement de l'ensemble. »

CHIMIE. — *Sur une réclamation de priorité en faveur de M. de Chancourtois, relativement aux relations numériques des poids atomiques.* Note de MM. **Lecoq de Boisbaudran** et **A. de Lapparent.**

« En 1884, M. John Newlands réunissait sous le titre suivant ([1]) : *Sur la découverte de la loi de périodicité et sur les relations qui unissent les poids atomiques*, un certain nombre de Notes, antérieurement publiées par l'auteur dans les *Chemical News* durant les années 1864, 1865 et 1866.

» Le but de cette publication était de revendiquer, en faveur de M. Newlands, la priorité de l'énoncé de certaines relations numériques qui existent entre les poids atomiques et qui permettent de grouper les corps simples en familles naturelles. L'auteur avait soin d'établir que ses travaux avaient précédé ceux de Mendéléieff et il affirmait avoir été le premier à faire paraître (le 30 juillet 1864) une liste où tous les éléments connus se trouvaient rangés suivant l'ordre de leurs poids atomiques.

» Notre intention n'est pas de contester le mérite des travaux bien connus de M. Newlands. Nous nous proposons seulement d'établir que la priorité en cette matière ne saurait lui appartenir, attendu que plusieurs des idées qu'il croit avoir énoncées le premier, en 1864, avaient été, deux ans auparavant, formulées par un savant français devant l'Académie des Sciences.

» Le 7 avril 1862, M. Béguyer de Chancourtois, alors ingénieur en chef et professeur adjoint de Géologie à l'École des Mines, présentait à l'Acadé-

([1]) *On the discovery of the periodical law, and on relations among the atomic weights.* London, Spon, 1884.

mie un travail intitulé : *Sur un classement naturel des corps simples ou radicaux, appelé vis tellurique*. Dans deux Communications subséquentes (21 avril et 5 mai 1862), l'auteur donnait sur son œuvre des détails complémentaires. Le 13 octobre de la même année, il faisait hommage à l'Académie du tableau lithographié qui résumait toutes ses idées. Enfin, le 16 mars 1863, il terminait par quelques considérations générales sur le caractère numérique des corps simples, ainsi que sur les vérifications que pourrait fournir l'analyse spectrale. Dans cette Note se rencontrait l'affirmation très explicite que *les propriétés des corps sont les propriétés des nombres*.

» L'idée fondamentale de la *vis tellurique* consiste à porter les valeurs des poids atomiques le long de la génératrice d'un cylindre vertical, dont la base circulaire a été divisée en 16 parties égales, 16 étant le poids atomique de l'oxygène. Si maintenant on trace sur le cylindre une hélice inclinée à 45° sur l'axe, chaque point de cette hélice peut être considéré comme le *point caractéristique* d'un corps simple, dont le poids atomique, proportionnel à la longueur correspondante de la spire, se lira sur la génératrice qui passe par ce point. A chaque tour de spire, l'hélice revient, sur une même verticale, à des distances du sommet du cylindre qui sont des multiples entiers de 16 et marquent les corps dont les poids atomiques satisfont à cette condition. De même, les divers points d'intersection de l'hélice avec une quelconque des seize génératrices principales correspondent à des éléments dont les poids atomiques diffèrent entre eux de 16 ou d'un multiple de 16. Enfin si, après avoir développé le cylindre sur un plan, ce qui transforme l'hélice en une série de tronçons droits parallèles, on joint par une ligne droite deux points quelconques pris sur deux tronçons, après l'enroulement cette droite engendrera une hélice secondaire et les intersections de cette dernière avec les diverses spires de l'hélice principale marqueront des corps pour lesquels les différences des poids atomiques seront des multiples d'une quantité constante. De cette manière, le développement de la *vis tellurique*, par un simple tracé de lignes droites, permet de mettre en évidence bien des relations numériques simples, qu'il eût été moins facile de deviner à la seule inspection des chiffres.

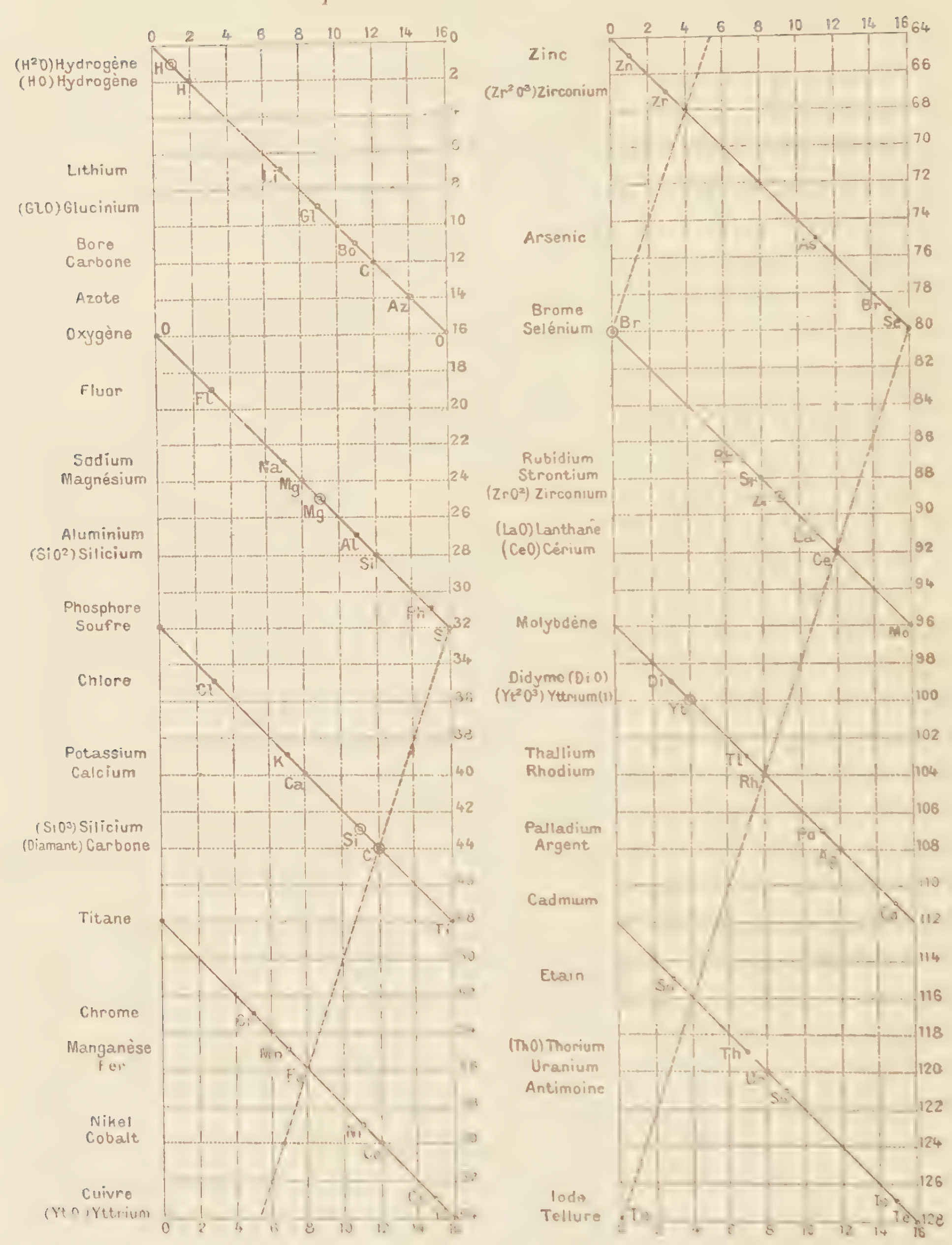
» Les relations ainsi établies entre les poids atomiques correspondent pour la plupart à de réelles analogies dans les propriétés des éléments correspondants. C'est ce que M. de Chancourtois affirmait, dès sa première Note, en disant, d'abord, que les « rapports des propriétés des corps

» sont manifestés par des rapports simples de position de leurs points » caractéristiques » ; ensuite que « chacune des hélices menées par deux » points caractéristiques et passant par plusieurs autres points, ou seule- » ment à proximité de ces derniers, met en évidence des rapports de pro- » priétés d'un certain genre, les analogies ou les oppositions se manifes- » tent par certains ordres numériques de succession, comme la séquence » immédiate ou les alternances *à diverses périodes* ».

» La *vis tellurique* offre donc à la fois : classement des corps simples suivant l'ordre de leurs poids atomiques et mise en évidence d'une *périodicité* véritable. C'est justement ce que M. Newlands a réclamé comme lui appartenant en propre. Il n'est pas jusqu'à la comparaison de la périodicité atomique avec celle de la gamme musicale, dont on ne puisse dire qu'elle a été, sinon proclamée, du moins entrevue par M. de Chancourtois; car, dans sa Note du 5 mai 1862, il dit expressément : « On ne peut » s'empêcher de remarquer la prédominance du nombre 7 dans les groupes » de types occupant les spires les mieux garnies.... On arrive facilement à » l'idée de transformer le cylindre, sur lequel est réalisée la vis, en un tube » sonore percé aux points caractéristiques. » Mais surtout quand il publiait, en 1863, un Cahier contenant, avec ses Notes à l'Académie, quelques additions en petits caractères, que le cadre des *Comptes rendus* ne lui avait pas d'abord permis de donner *in extenso*, M. de Chancourtois parlait de : « développements directs du système, qui font apercevoir en même temps » des rapprochements de la série actuelle de caractéristiques numériques » avec la série des sons musicaux et avec celle des bandes et raies du » spectre ».

» Nous sommes loin de prétendre que la théorie de la vis fût exempte de défauts, ni que l'auteur n'ait pas greffé sur son œuvre bien des considérations qu'il eût mieux valu laisser dans l'ombre. Plusieurs rapprochements étaient inexacts, ou forcés, et quelques-uns témoignaient d'une part trop grande accordée à l'imagination. Trop confiant dans la vertu des nombres entiers (et même des nombres premiers), M. de Chancourtois partait de cette idée, que dans les séries naturelles les différences entre les poids atomiques doivent être constantes (erreur qu'on retrouve aussi, du reste, dans les premiers travaux de M. Newlands). S'il apercevait bien certaines lacunes dans la série des éléments, il essayait de les combler en imaginant de nouvelles variétés des corps simples connus (qu'il appelait *caractères secondaires*), ce qui souvent le conduisait à des groupements très peu conformes aux analogies naturelles.

Esquisse de la vis tellurique.



Nota. — On a entouré d'un cercle les points correspondant aux caractères numériques dits *secondaires.*

(¹) Évidemment par erreur : 100 pour 96 = 6⁴ + ⁶⁴⁄₂ ; nombre d'ailleurs encore trop élevé.

» Néanmoins, la *vis tellurique* était, pour l'époque, une conception originale et même féconde; car elle avait suffi pour faire deviner à l'auteur que la formule de la zircone devait probablement s'écrire ZrO^2, celle de la glucine GlO et celle de l'yttria Yt^2O^3. De plus, rien que la considération de son hélice eût suffi pour suggérer à M. de Chancourtois l'idée d'une légère correction qu'il convenait d'apporter au poids atomique du cadmium.

» Comment se fait-il donc que cette publication, insérée dans le Recueil le plus répandu qui soit au monde, celui des *Comptes rendus*, ait échappé à l'attention de M. Newlands, dont la bonne foi ne saurait être mise en doute? C'est, croyons-nous, parce que le texte de M. de Chancourtois, un peu obscur dans sa concision, n'était accompagné d'aucun dessin et que le Mémoire original, distribué par l'auteur, n'a eu qu'une diffusion insuffisante. Aussi pensons-nous bien faire de joindre à cette Note (en la disposant, pour plus de simplicité, sur deux colonnes parallèles qu'il conviendrait d'ajouter bout à bout) une réduction de la partie du Tableau graphique qui va de l'hydrogène au tellure. On y a fait figurer l'hélice secondaire qui passe par le soufre, le fer, le sélénium, le tellure et qui, prolongée, irait passer par l'or. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Chimie, en remplacement de feu M. *Chancel*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 45,

M. Haller	obtient.	43 suffrages.
M. Cazeneuve	»	1 »

Il y a un bulletin blanc.

M. **Haller**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. A. **Aignan** adresse un Mémoire intitulé : « Sur les prétendues combinaisons en proportions continuellement variables et la dissociation par dissolution ».

(Commissaires : MM. Cornu, Troost, Schützenberger.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, le Tome III des « Œuvres complètes de *Christiaan Huygens*, publiées par la Société hollandaise des Sciences (Correspondance, 1660-1661) ».

M. le **Président** présente à l'Académie le 4e Fascicule des *Illustrationes Floræ atlanticæ*, publiées par notre regretté Confrère M. *Cosson*.

M. **E.-A. Alix**, M. **E. Gley**, M. **Cl. Martin** adressent leurs remerciements à l'Académie pour les distinctions accordées à leurs travaux.

MÉCANIQUE. — *Sur les petites oscillations d'un système soumis à des forces perturbatrices périodiques*. Note de M. **E. Vicaire**, présentée par M. Darboux.

« Lorsqu'un système matériel est écarté très peu d'une position d'équilibre stable, si l'on en détermine à chaque instant la position à l'aide de n variables indépendantes $q_1, q_2, \ldots$, choisies de manière à s'annuler dans la position d'équilibre, on sait que la demi-force vive T et la fonction des forces U, réduites à leurs termes de moindre dimension, sont représentées par deux fonctions quadratiques homogènes

$$T = \Sigma a_{ij} q'_i q'_j, \qquad U = \Sigma b_{ij} q_i q_j.$$

» La formule de Lagrange appliquée à ces expressions donne un système d'équations différentielles du second ordre à coefficients constants qui ont pour intégrales

$$(1) \qquad q_i = \sum \lambda_{ik} A_k \cos(\mu_k t + \theta_k), \qquad k = 1, 2, \ldots, n.$$

A_k et θ_k sont des constantes arbitraires; les μ_k sont les racines de l'équa-

tion caractéristique

$$(\mu)\qquad \begin{vmatrix} a_{11}\mu^2+b_{11} & a_{12}\mu^2+b_{12} & \dots & a_{1n}\mu^2+b_{1n} \\ a_{21}\mu^2+b_{21} & \dots\dots\dots & \dots & \dots\dots\dots \\ \dots & \dots\dots\dots & \dots & \dots\dots\dots \\ a_{n1}\mu^2+b_{n1} & \dots\dots\dots & \dots & a_{nn}\mu^2+b_{nn} \end{vmatrix} = 0.$$

» Je suppose maintenant qu'aux forces constitutives du système viennent s'ajouter des forces perturbatrices très petites, fonctions du temps et généralement aussi des coordonnées ou même de leurs dérivées. Bien qu'elles ne donnent pas lieu à une fonction des forces, la formule de Lagrange ne cesse pas d'être applicable. Chaque point x, y, z, sollicité par une force dont les composantes sont X, Y, Z, donne en adjonction à $\frac{\partial U}{\partial q_i}$ le trinôme

$$X\frac{\partial x}{\partial q_i}+Y\frac{\partial y}{\partial q_i}+Z\frac{\partial z}{\partial q_i}.$$

» Ces forces perturbatrices étant indépendantes de celles qui déterminent l'équilibre, ne s'annuleront pas en général dans la position d'équilibre, et, par conséquent, la somme des trinômes ci-dessus, développée suivant les puissances de $q_1, q_2, \dots, q'_1, q'_2, \dots$, contiendra un terme indépendant de ces variables, par rapport auquel les termes suivants devront être considérés comme des infiniment petits négligeables.

» Je suppose enfin que les forces perturbatrices, qui ne figurent plus dans nos équations que comme des fonctions du temps, soient périodiques. Ces fonctions pourront se développer en séries trigonométriques. Par la propriété fondamentale des équations linéaires, la solution sera la somme de celles qu'on obtiendra en réduisant la série à l'un de ses termes. Je suis donc ramené à considérer le cas où toutes les forces perturbatrices, ayant même période et même phase, n'amèneraient dans chaque équation qu'une seule fonction circulaire ayant partout le même argument. C'est ce que j'appellerai *une force perturbatrice simple*.

» Au lieu des équations différentielles sans second membre de tout à l'heure, nous avons maintenant des équations du type suivant

$$a_{i1}q''_1+a_{i2}q''_2+\dots+a_{in}q_n-b_{i1}q_1-b_{i2}q_2-\dots-b_{in}q_n=F_i\cos(\omega t+\varphi).$$

» On obtient une solution particulière, en posant

$$(2)\qquad q_i=B_i\cos(\omega t+\varphi)$$

avec les équations de condition

$$B_1(a_{11}\omega^2 + b_{11}) + B_2(a_{12}\omega^2 + b_{12}) + \ldots + F_1 = 0,$$
$$B_1(a_{21}\omega^2 + b_{21}) + B_2(a_{22}\omega^2 + b_{22}) + \ldots + F_2 = 0,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

» Ces n équations déterminent les n coefficients B et l'intégrale générale est la somme des expressions (1) et (2).

» Théorème. — *Chaque force perturbatrice simple introduit dans le système une oscillation simple dont la période est celle de la force et dont l'amplitude est déterminée pour chaque point, indépendamment des conditions initiales du mouvement.*

» Le dénominateur commun des coefficients B ne diffère du déterminant caractéristique (μ) que par la substitution de ω à μ. Ces coefficients deviennent tous infinis si ω est égal à l'une des racines de l'équation caractéristique. On reconnaît aisément qu'alors l'intégrale particulière change de forme et devient

$$(3) \qquad q_i = C_i t \sin(\mu t + \varphi).$$

» Théorème. — *Si la période de la force perturbatrice tend vers celle de l'une des oscillations simples propres au système, l'amplitude de la perturbation devient de plus en plus grande. A la limite, la perturbation se confond avec l'oscillation simple correspondante, dont l'amplitude augmente indéfiniment avec le temps.*

» Il faut entendre le mot indéfiniment en ce sens que l'amplitude sort des limites dans lesquelles les équations linéaires restent suffisamment approchées.

» Ce théorème donne l'explication d'un grand nombre de phénomènes, tels que la mise en vibration d'une corde sonore quand l'air ambiant vibre à l'unisson et non autrement, l'absorption élective des rayons de lumière et de chaleur par un milieu capable d'engendrer des rayons de même longueur d'onde, etc.

» Une application importante se rencontre dans les perturbations du mouvement des locomotives. La masse de la machine, portée par des ressorts, forme un système assujetti à des oscillations de durée déterminée. Les forces perturbatrices produites par l'inertie des pièces mobiles, pistons, bielles, manivelles, donnent des sommes de projections ou de moments qui ont pour période principale la durée d'un tour de roue. Les

perturbations correspondantes doivent donc passer par un maximum d'amplitude lorsque la vitesse est telle qu'il se fait un tour de roue pendant la durée d'une oscillation.

» Ainsi paraissent s'expliquer certaines observations récentes qui indiquent, contrairement à ce qu'on avait toujours admis, l'existence de ce maximum.

» J'espère pouvoir communiquer prochainement à l'Académie un travail spécial sur cette question. »

PHYSIQUE. — *Remarques sur le théorème des états correspondants.* Note de M. E. **Mathias**, présentée par M. Sarrau.

« Cette Note a pour objet de vérifier par des résultats expérimentaux la loi théorique des *états correspondants* due à M. Van der Waals et suivant laquelle toute relation physique entre le volume v, la pression p et la température absolue T d'un fluide ne dépend que des rapports de ces variables aux valeurs π, φ, Θ qu'elles ont respectivement au point critique.

» Ainsi, par exemple, la relation entre la densité de la vapeur saturée δ et la température absolue T est de la forme

$$\frac{\delta}{\Delta} = f\left(\frac{T}{\Theta}\right),$$

la fonction f étant la même pour tous les corps, et Δ étant la densité critique. Il en serait de même pour la densité du liquide.

» Dans ce qui suit, je considérerai successivement la densité du liquide et la densité de la vapeur saturée.

» I. *Densité du liquide.* — Il existe très peu de données certaines sur la variation de cette quantité au voisinage de la température critique. En particulier, les expériences de MM. Cailletet et Mathias sur l'acide carbonique liquide entre -34° et $+21^\circ$ et celles de M. Ad. Blümcke sur le même corps entre 0° et $+30^\circ$ sont très bien représentées par la formule

$$\delta' = 1{,}064\,(m - 0{,}569 + 1{,}655\sqrt{1-m}),$$

qui est la traduction, avec la notation des états correspondants ([1]), de la

([1]) M. Van der Waals pose $p = \varepsilon\pi$, $v = n\varphi$, $T = m\Theta$; ε et m sont évidemment

formule empirique que M. Cailletet et moi avons donnée antérieurement.

» J'ai reconnu que l'on représente avec approximation généralement égale ou supérieure à $\frac{1}{300}$ la densité de l'acide sulfureux liquide entre $+90^\circ$ et $+156^\circ$ (température critique) par la formule

$$\delta' = 1,2312(m - 0,5697 + 1,665\sqrt{1-m}),$$

que l'on peut considérer comme identique à la première à un facteur constant près, ce qui justifie le théorème des états correspondants. Les coefficients 1,064 et 1,2312 de ces formules sont bien proportionnels aux densités critiques 0,45 et 0,520, car on a

$$\frac{1,064}{0,45} = 2,364, \qquad \frac{1,2312}{0,520} = 2,367.$$

» Si, au lieu de considérer les formules, on prend les nombres expérimentaux, on constate que l'écart entre la théorie et l'expérience suit une marche régulière et croît à mesure qu'on s'éloigne de la température critique. La comparaison des tensions de vapeur saturée de l'acide sulfureux et de l'éther, faite par M. Van der Waals, lui a fourni le même résultat [1].

» Pour les températures très éloignées de la température critique, le théorème n'est plus applicable, sans quoi tous les corps auraient, comme l'eau, un maximum de densité à l'état liquide.

» II. *Densité des vapeurs saturées.* — Les seules qui aient été étudiées expérimentalement au voisinage de la température critique sont celles de l'acide carbonique, du protoxyde d'azote, de l'éthylène et de l'acide sulfureux.

» Les formules empiriques que M. Cailletet et moi avons données pour représenter, dans un intervalle de 60° environ à partir du point critique, la densité des trois premiers corps s'écrivent, avec la notation de M. Van der Waals :

CO^2............. $\delta = 1,295\ (1 - m - 2.0,565\sqrt{1-m} + 0,5994^2)$

AzO............ $\delta = 1,169\ (1 - m - 2.0,562\sqrt{1-m} + 0,580^2)$

C^4H^4............. $\delta = 0,5305\ (1 - m - 2.0,548\sqrt{1-m} + 0,579^2)$

---

compris entre 0 et 1 ; quant à n, il varie entre $\frac{1}{3}$ et $+\infty$. Entre 1 et $+\infty$, n se rapporte à la vapeur saturée ; entre $\frac{1}{3}$ et 1 il représente l'état liquide. On voit que la densité d'un corps à l'état liquide est toujours inférieure au triple de la densité critique. Cette conséquence est évidente quand on considère l'*isotherme réduite*.

[1] Van der Waals, *Continuität*, etc., trad. Roth, p. 131 ; 1881.

» Il est évident que les parenthèses sont des fonctions identiques de m; c'est l'expression même du théorème des états correspondants. On peut donc prévoir que la densité de vapeur saturée de l'acide sulfureux sera représentée par une équation de même forme. J'ai pu, en effet, la représenter très exactement entre $+ 75°$ et $+ 156°$ par la formule

$$SO^2 \ldots\ldots\ldots \quad \delta = 1,4328\left(1 - m - 2.0,570\sqrt{1-m} + \overline{0,579}^2\right).$$

» Les coefficients 1,295, 1,169, 0,5305, 1,4328 sont bien proportionnels aux densités critiques, car on a

$$\frac{1,295}{0,45} = 2,87, \qquad \frac{1,169}{0,41} = 2,85, \qquad \frac{0,5305}{0,21} = 2,53, \qquad \frac{1,4328}{0,52} = 2,76.$$

» D'une manière générale, on voit que la densité de vapeur saturée est donnée, au voisinage de la température critique, par la formule empirique à *une* constante

$$\delta = A\left(1 - m - 2.0,565\sqrt{1-m} + \overline{0,579}^2\right),$$

abstraction faite de la très faible variation des constantes numériques. Pour déterminer A, il suffit de connaître la *densité critique* du corps considéré; mais, qnand on reprend la notation ordinaire des températures, il faut, en outre, connaître la température critique. »

THERMOMÉTRIE. — *Solution pratique du problème de la colonne émergente d'un thermomètre, par l'emploi d'une tige correctrice.* Note de M. **Ch.-Ed. Guillaume**, présentée par M. Cornu.

« L'échelle fournie par un thermomètre à mercure est définie dans la supposition que l'instrument est exposé, au moins jusqu'à l'extrémité de la colonne, à la température que l'on veut mesurer; or il arrive fréquemment que le peu d'espace dont on dispose oblige à laisser émerger une partie de la colonne, qu'il faut ramener, par une correction, à la température de l'étuve ou du bain. Cette correction est loin d'être négligeable; en effet, pour des températures comprises entre 300° et 350°, telles que les chimistes en mesurent journellement, la correction peut fort bien atteindre 15 à 20 degrés, comme on le verra plus loin.

» Son expression générale est

(1) $$c = n\alpha(T - \tau),$$

n étant le nombre de degrés non soumis à la température du réservoir;
α le coefficient de la dilatation relative du mercure dans le verre;
T la température du bain ou de l'étuve;
τ la température moyenne de la colonne, c'est-à-dire la quantité $\frac{1}{n}\int_0^n t\,dx$, où $t = f(x)$ représente la température au point d'abscisse x.

» Les circonstances du phénomène sont trop variables pour qu'il soit possible de déterminer exactement, d'une manière générale, la fonction f; c'est pourquoi, jusqu'ici, on a cherché empiriquement la forme de la correction c pour certains cas déterminés.

» Regnault et plus tard Kopp substituaient à τ la valeur de la température ambiante; mais les recherches ultérieures de MM. Mousson, Wüllner, Holtzmann, Thorpe, Mills, Thiesen, ont montré que la correction ainsi calculée est trop forte, et l'on a remplacé successivement n, α, $\mathrm{T} - \tau$ par des nombres plus petits.

» Au début de mes recherches sur cette question, j'ai déterminé de même une formule de correction pour les thermomètres dont nous nous servons au Bureau international des Poids et Mesures; la correction cherchée était suffisamment bien représentée par une fonction de la forme

$$c = (n - \varepsilon)(\alpha - \zeta)(\mathrm{T} - \tau'), \tag{2}$$

ε, ζ étant de petites quantités, τ' la température ambiante; égalant les expressions (1) et (2), on peut en tirer la valeur de τ, c'est-à-dire de $\int_0^n f(x)dx$; en variant n, on peut retourner, pour chaque cas particulier, à la fonction f. J'ai cherché, en outre, à déterminer cette fonction par points. J'ai employé, dans ce but, un thermomètre muni d'une petite ampoule soufflée sur la tige; cette ampoule, véritable réservoir thermométrique, indique la température de la tige à l'endroit où elle se trouve, sans troubler sensiblement sa distribution. Le thermomètre étant placé dans un appareil à ébullition, horizontal ou vertical, fermé par un petit obturateur à lame de caoutchouc qui permettait de définir exactement la longueur émergente, on retirait l'instrument de quantités croissantes, et on faisait les observations à des distances de l'appareil échelonnées de 2^{mm} en 2^{mm}. Le résultat le plus saillant de cet ensemble d'expériences est que, dans la détermination du point 100 d'un thermomètre à tige (par opposition à un thermomètre à chemise ou de forme allemande), on ne commet

aucune erreur sensible en laissant émerger le thermomètre de la quantité strictement nécessaire à la lecture. Mais ces expériences, tout en fournissant des données utiles pour un cas particulier, ne conduisaient pas encore à une solution générale et pratique ; je suis cependant parvenu à une solution satisfaisante, en abandonnant la recherche de toute formule.

» *Solution pratique.* — Considérons une tige cylindrique contenant du mercure, autrement dit un thermomètre dont on aurait coupé le réservoir. Cette tige, plongeant dans un bain par sa partie inférieure, se trouvera identiquement dans les mêmes conditions que la tige d'un thermomètre émergeant de la même quantité ; si donc elle a été graduée d'avance dans la supposition qu'elle plonge en entier dans le bain, la différence entre la lecture actuelle et celle qui correspond à la température du bain donne directement la correction de la partie émergente ; je la nommerai *tige correctrice* ([1]).

» Supposons donc un thermomètre et une tige correctrice plongeant côte à côte dans un bain et émergeant de la même quantité. Le thermomètre indiquera la température approximative du bain ; le déficit entre cette température reportée sur la tige correctrice et celle qui est indiquée sur cette dernière devra être ajouté, en longueur absolue, à la lecture du thermomètre ; en d'autres termes, *la correction est donnée par la différence de lecture du thermomètre et de la tige, multipliée par le rapport de la longueur du degré sur la tige et le thermomètre ;* le calcul peut être fait en deux approximations.

» Il restait à montrer que cette solution est efficace ; dans ce but, j'ai fait exécuter quelques tiges correctrices par M. Tonnelot, l'artiste bien connu, et j'ai entrepris deux séries d'expériences. Dans la première (mesures très précises avec une faible correction), je plaçais un thermomètre dans une auge horizontale remplie d'eau, tandis qu'un autre thermomètre, accompagné de sa tige correctrice, était suspendu de telle manière que son réservoir et quelques degrés seulement fussent plongés dans le liquide ; j'ai fait ainsi, avec l'aide de M. L. Ozenne, quelques comparaisons entre ces deux instruments. Dans la seconde série d'expériences, exécutées dans le laboratoire de M. G. Vogt, à la Manufacture nationale de Sèvres (correction atteignant 14° avec une précision moindre), un thermomètre était fixé dans le col d'un ballon de verre, dans lequel on faisait distiller de la

---

([1]) Un artifice analogue a été employé par M. Crova dans son pyromètre.

méthyldiphénylamine brute; on a fait quatre expériences : 1° le thermomètre est entièrement contenu dans le col du ballon; 2° le thermomètre est engagé seulement par une tubulure latérale; 3° le thermomètre est replacé dans le col du ballon qui avait été coupé à mi-longueur; 4° répétition de la première expérience. Dans les expérienees 2 et 3, le thermomètre était accompagné de sa tige correctrice. Au cours de cette opération, la température du liquide s'est élevée peu à peu, et doit être interpolée entre les expériences 1 et 4. Toutes les lectures de cette série ont été contrôlées par M. Vogt.

Première série (comparaisons).

Thermomètre vertical.	Correction pour la colonne émergente.	Lecture corrigée.	Thermomètre horizontal.	Différence V—H.	Nombre de degrés émergents.	Température ambiante.
25°,663	+0°,070	25°,733	25°,741	−0°,008	26°,4	7°,8
37,587	0,181	37,768	37,762	+0,006	38,3	7,1
46,194	0,270	46,464	46,450	+0,014	45,7	8,1
47,208	0,272	47,480	47,478	+0,002	46,7	9,4

Deuxième série (distillation).

Thermomètre.	Correction pour la colonne émergente.	Lecture corrigée.	Nombre de degrés émergents.	Température ambiante.
302°,4	»	302°,4	»	»
288,5	14°,3	302,8	278°	11°,3
295,2	10,0	305,2	160	12,4
306,4	»	306,6	»	»

ÉLECTRICITÉ. — *Variations de conductibilité des substances isolantes.* Note de M. **Edouard Branly**.

« Dans une Communication précédente (*Comptes rendus* du 24 novembre 1890) j'ai fait connaître l'accroissement de conductibilité des métaux en poudre sous l'action de l'étincelle et des courants. Cet accroissement était comparable à celui que produit une forte compression.

» Les résultats sont analogues quand on substitue divers diélectriques à l'air interposé entre les particules de la poussière métallique.

» Plusieurs des substances employées ont une consistance pâteuse : tels sont des mélanges d'huile de colza et de limaille de fer ou d'antimoine, d'essence de térébenthine et de limaille de fer; d'autres sont solides.

» En composant une pâte de limaille métallique et de baume de Canada fluidifié au bain-marie et en versant cette pâte dans une petite auge d'ébonite entre deux tiges métalliques servant d'électrodes, on a un mélange qui durcit par le refroidissement. Dans cet état, comme à l'état fluide, la résistance peut s'abaisser de plusieurs millions d'ohms à quelques centaines d'ohms, et, comme dans le cas des poudres métalliques simples ou des poudres imbibées de liquides isolants, on revient à la résistance primitive en frappant sur la tablette qui supporte l'auge en ébonite.

» Cette diminution considérable de résistance est encore réalisée avec un crayon solide formé en mélangeant en proportions convenables de la fleur de soufre et de la limaille d'aluminium, que l'on chauffe dans un tube de verre entre deux tiges métalliques, à la température de fusion du soufre. Même résultat avec le ciment obtenu avec un mélange de résine et de limaille d'aluminium versé à chaud dans un tube de verre.

» L'accroissement de conductibilité des substances isolantes peut encore être mis en évidence sous d'autres formes.

» Deux tiges cylindriques de cuivre rouge sont oxydées dans la flamme d'un bec Bunsen, puis elles sont superposées en croix, chargées de poids pour éviter les variations par trépidations et reliées respectivement aux bornes d'une branche d'un pont de Wheatstone. La résistance principale de cette branche réside dans les deux couches d'oxydes en contact. Une mesure prise au hasard parmi un grand nombre accusait une résistance de 80 000 ohms avant les étincelles d'une machine électrique indépendante; cette résistance passait à 7 ohms après les étincelles.

» Un effet analogue est obtenu en superposant deux tiges d'acier oxydées ou une tige d'acier et une tige de cuivre, toutes deux oxydées. On peut encore poser, sur un plan de cuivre oxydé, un cylindre de cuivre à tête hémisphérique également oxydé et appliqué par son poids. Au lieu d'oxyder les deux surfaces en contact, il revient au même de les recouvrir d'une très mince couche de résine. Les couches d'oxyde et de résine deviennent et restent conductrices.

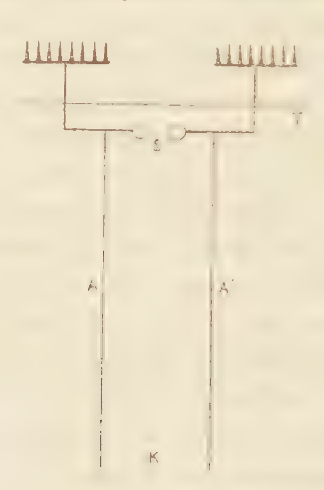
» Parmi les diverses dispositions expérimentales qui permettent de réaliser ces effets d'influence électrique, j'en décrirai une qui me paraît spécialement intéressante.

» La source électrique est une machine de Holtz à deux plateaux mobiles. Son axe est animé d'un mouvement de rotation variant de 100 à 400 tours par minute. La substance sensible est intercalée dans l'une des branches d'un pont de Wheatstone, à 10^{m} environ de la machine de

Holtz et de son excitateur. Entre l'excitateur et le pont de Wheatstone, reliés à l'excitateur, courent parallèlement deux tubes cylindriques de laiton A et A', isolés, écartés l'un de l'autre de 40^{cm}. Les bouteilles de Leyde annexées ordinairement à la machine de Holtz ont été supprimées, mais la capacité des tubes de laiton joue le même rôle dans une certaine mesure. Les sphères de l'excitateur sont distantes de 1^{mm} ou $0^{mm},5$, ou même $\frac{1}{10}$ de millimètre. Pendant la rotation des plateaux, les étincelles se succèdent très rapidement. Ces étincelles, à la distance de 10^{m}, n'exerçaient pas d'effet direct ; on s'en assurait dans un essai préliminaire, en écartant les tringles qui établissaient la communication des conducteurs de la machine avec les tubes de laiton parallèles, ou en éloignant de la substance sensible les dernières parties des tubes de laiton, tout en les maintenant reliées à l'excitateur, afin de ne pas modifier l'étincelle.

» Voici une façon fréquemment employée de conduire l'expérience.

» La substance étudiée est placée en K entre les deux tubes parallèles, ou en face de ces tubes, à une certaine distance des derniers tronçons qu'il a été commode de disposer verticalement. Pour pouvoir mesurer au pont de Wheatstone la résistance K sans avoir à se préoccuper de l'action électrique, et en maintenant la régularité du mouve-



ment de rotation de la machine de Holtz, afin de rendre les observations successives à peu près comparables, une règle métallique plate T est appliquée sur les conducteurs métalliques des peignes ; cette règle ferme le circuit et suspend les étincelles en S entre les sphères de l'excitateur. L'équilibre une fois établi au galvanomètre du pont, on ouvre le circuit de la pile et l'on isole [1] momentanément le conducteur K, en faisant

[1] La diminution de résistance se produit évidemment avec beaucoup plus de faci-

sortir des godets de mercure auxquels ce conducteur aboutit les fils de communications avec le pont.

» Cela fait, la traverse T est soulevée et maintenue soulevée dix secondes environ. Pendant cet intervalle de dix secondes, des étincelles jaillissent en S entre les sphères de l'excitateur, et des courants de charge et de décharge successifs et très nombreux circulent dans chacun des tubes A et A'. C'est alors que la diminution de résistance du conducteur K a lieu. La traverse T est replacée, on rétablit la communication entre K et le pont, puis on ferme le circuit de la pile. L'équilibre est rompu au galvanomètre, on mesure la nouvelle résistance du conducteur K.

» Les deux tubes A et A' ne sont pas nécessaires, la diminution de résistance est très facilement produite quand on n'en fait agir qu'un seul; il résulte même de quelques expériences que l'emploi d'un seul conducteur est dans certains cas plus efficace.

» Dans plusieurs essais les tubes A et A' ont été terminés par deux plateaux métalliques parallèles figurant un condensateur à très large intervalle d'air, dans lequel était compris le conducteur K.

» Avec la disposition expérimentale que je viens de décrire (machine de Holtz, excitateur et tubes A, A') et en ne produisant en S que de très courtes étincelles, le phénomène paraît montrer beaucoup de fixité; il y a constamment diminution de résistance, non seulement avec les plaques isolantes métallisées, plombaginées, avec les tubes à limailles, avec les crayons solides à ciment isolant, mais aussi avec les verres platinés, argentés et avec des lames de verre recouvertes de feuilles métalliques très minces, or, aluminium, argent.

» Les expériences se font de la même façon avec les tubes A et A' en remplaçant la machine de Holtz par une petite bobine de Ruhmkorff ou un appareil à chariot dont les étincelles induites, extrêmement courtes, jaillissent en S, entre les deux tiges de l'excitateur, lorsque la traverse T est soulevée. Avec une bobine, l'effet peut aussi être produit sans étincelles en S, mais dans des conditions moins simples. »

PHYSIQUE. — *Propriétés physiques et constitution moléculaire des corps simples métalliques.* Note de M. P. Joubin, présentée par M. Mascart.

« Pour les corps qui suivent la loi de Dulong et Petit, on peut considérer le nombre n^3 de molécules par unité de volume comme proportionnel au produit de la chaleur spécifique par la densité.

lité en n'isolant pas le conducteur K; mais cet isolement est favorable à l'analyse des conditions du phénomène.

» I. Si l'on prend comme abscisse la distance moyenne $\frac{1}{n}$ des molécules d'un métal et comme ordonnée la résistance spécifique ρ correspondante, on constate : 1° qu'il est impossible de faire passer par tous les points ainsi déterminés une courbe continue; 2° que deux courbes simples satisfont séparément au problème pour deux classes de métaux :

Premier groupe.				Second groupe.			
	$\frac{1}{n}$	ρ.	ε.		$\frac{1}{n}$.	ρ.	ε
Bi.......	5,193	130,1	— 64	Co.......	3,503	»	— 22
Te......	5,17	»	+500	Ni.......	3,553	12,3	— 17
Se......	5,1	»	800	Fe.......	3,610	9,6	+ 12
Ph......	4,95	»	30	Pt.......	3,75	8,9	2
Sb......	4,90	35,2	25	Al.......	4,081	2,9	»
Pb......	4,78	19,5	0	Ag.......	5,2	1,5	1
As......	4,70	»	13	Na.......	6,54	»	»
Sn......	4,607	13,0	1	K........	8,24	»	»
Cd......	4,344	5,7	»				
Zn......	3,958	5,6	»				
Au......	4,0	2	»				
Cu......	3,609	1,6	»				

» Ces Tableaux conduisent à des conclusions imprévues :

» 1° Le premier groupe contient tous les métaux diamagnétiques et le second tous les métaux magnétiques, à part l'argent. Toutefois, si l'on tient compte des analogies de l'argent avec les métaux alcalins, magnétiques d'après Lamy, de la faiblesse de son coefficient d'aimantation, on pourrait penser qu'il y a erreur sur sa polarité. J'ai soumis le fait à l'expérience, en comparant des échantillons d'argent pur de mon laboratoire avec des échantillons de platine et d'aluminium ; tous les trois sont attirables à l'électro-aimant, le platine plus que l'aluminium et celui-ci plus que l'argent. *Ce dernier devrait donc être regardé comme magnétique*. Remarquons que, pour obtenir les distances moléculaires relatives aux métaux alcalins et à l'argent, on n'a pris que la moitié de leurs équivalents, afin de satisfaire à la loi de Dulong et Petit.

» 2° Les métaux du premier groupe sont rangés de telle sorte que la distance moléculaire *diminue* en même temps que la résistance, le zinc excepté; pour ceux du second, la distance moléculaire *augmente* quand la résistance *diminue*.

» Tout semble donc se passer comme si les corps *diamagnétiques* étaient composés de particules *plus* conductrices que le milieu qui les entoure,

de telle sorte que plus elles seraient rapprochées, plus la conductibilité augmenterait. Ils auraient une constitution analogue aux *diélectriques* de Poisson. Au contraire, les métaux *magnétiques* paraissent formés de particules *moins* conductrices que le milieu extérieur; on pourrait peut-être ramener cette constitution à celle qu'Ampère supposait aux *aimants*.

» 3° On peut facilement trouver la relation qui lie la conductibilité γ, ou l'inverse de la résistance spécifique ρ, à la distance moléculaire. En posant $N = n^3$, les courbes sont bien représentées (le zinc excepté) par les équations suivantes :

Premier groupe.

$$N^6 = k\gamma^{\frac{1}{a\gamma^2 - b\gamma + c}},$$

$$\text{avec} \begin{cases} a = 1,5, \\ b = 0,87, \\ c = 1,04; \end{cases}$$

Deuxième groupe.

$$N^6 = k'\left(\frac{1}{\gamma}\right)^{\frac{1}{a'\gamma^2 - b'\gamma + c'}},$$

$$\text{avec} \begin{cases} a' = 0,626, \\ b' = 0,477, \\ c' = 1,03. \end{cases}$$

» D'ailleurs, pour tous les métaux cités, l'exposant dans les deux formules diffère *extrêmement peu* de l'unité. De sorte que l'on peut dire :

» *Pour les métaux diamagnétiques la conductibilité est sensiblement proportionnelle à la sixième puissance du nombre de molécules ;*

» *Pour les métaux magnétiques la conductibilité est sensiblement en raison inverse de la même puissance de cette distance.*

» Le zinc seul a une conductibilité qui devrait lui donner une distance moléculaire égale à celle du cadmium dont il est si voisin.

» 4° Si l'on admet la proportionnalité entre les conductibilités *calorifique* et *électrique*, on arrivera pour celle-là aux mêmes conclusions.

» II. La comparaison des pouvoirs thermo-électriques ε conduit aux mêmes résultats. Les différents points obtenus se trouvent encore sur deux courbes distinctes, chacune d'elles comprenant exactement les mêmes métaux que précédemment.

» Pour les métaux *diamagnétiques* on observe un maximum considérable dans la région des grandes distances moléculaires; pour les métaux *magnétiques* un maximum bien plus faible se trouve dans la région des petites distances. Les courbes descendent d'ailleurs presque verticalement de chaque côté du maximum; elles restent ensuite parallèles à l'axe des abscisses, et très voisines de cet axe.

» Les équations suivantes représentent bien chacun des Tableaux :

Premier groupe. Deuxième groupe.

$$\varepsilon = k\frac{\mathrm{L}\left(6,18-\frac{1}{n}\right)}{\left(6,18-\frac{1}{n}\right)^{18}}, \qquad \varepsilon' = k'\frac{\mathrm{L}\left(\frac{1}{n}-2,54\right)}{\left(\frac{1}{n}-2,54\right)^{18}},$$

ou, en posant $6,18-\frac{1}{n}=\left(\frac{1}{\mathrm{N}'}\right)^{\frac{1}{3}}$ et $\frac{1}{n}-2,54=\left(\frac{1}{\mathrm{N}''}\right)^{\frac{1}{3}}$,

$$\varepsilon = -\frac{k}{3}\mathrm{N}'^{6}\mathrm{L.N}' \qquad \text{et} \qquad \varepsilon' = -\frac{k'}{3}\mathrm{N}''^{6}\mathrm{L.N}''.$$

» III. Restent enfin les coefficients d'aimantation. Ici encore on obtient deux courbes; l'aimantation positive ou négative n'est sensible que pour les très petites ou les très grandes distances moléculaires. Ces deux courbes présentent la même disposition que celles de la thermo-électricité, mais pour ainsi dire inverse : aux grands pouvoirs thermo-électriques (Bi, Se, ...) correspondent de faibles aimantations négatives; aux faibles pouvoirs thermo-électriques (Ni, Fe, ...), les grandes aimantations positives. L'équation de ces courbes doit être de la même forme que les précédentes, mais les coefficients sont trop peu connus pour que j'aie tenté de les calculer.

» Quelques-uns de ces résultats (pour l'aimantation) avaient été énoncés sous forme d'hypothèse par Matteucci et de la Rive; mais n'ayant pas aperçu la distinction absolument nécessaire entre les propriétés des deux classes de métaux, ils avaient trouvé autant d'exceptions que de confirmations à leurs idées, notamment pour les métaux alcalins qui auraient dû avoir un magnétisme négatif, et le cuivre un magnétisme positif.

» En résumé, toutes les propriétés physiques des métaux d'un même groupe dépendraient *exclusivement* de la distance de leurs molécules, les deux groupes se distinguant par la *conductibilité relative* de ces molécules. »

TÉLÉPHONIE. — *Sur l'intensité des effets téléphoniques.* Note de M. E. **Mercadier**.

« L'intensité des effets d'un téléphone dépend principalement : de l'épaisseur du diaphragme, de son diamètre, de l'intensité de son champ magnétique, de la forme de ce champ et des bobines induites.

» I. J'ai déjà étudié l'influence de l'épaisseur du diaphragme (*Comptes rendus*, 8 et 15 avril 1889) et montré que, pour tout téléphone de champ magnétique donné, il y a une épaisseur du diaphragme qui donne un maximum d'intensité.

» II. *Influence du diamètre du diaphragme.* — On peut, étant connue l'épaisseur du diaphragme qui correspond au maximum d'effet, faire varier le *diamètre*.

» On constate alors l'existence d'un diamètre qui donne aussi la meilleure intensité. Ce résultat tient à deux causes : 1° le champ magnétique du noyau ne produit un effet sensible que dans une région limitée du diaphragme ; dès lors, en augmentant le diamètre, on augmente la partie inerte au point de vue de l'induction et non la partie induite ; 2° en augmentant le diamètre progressivement, on augmente sans doute sa flexibilité et l'on favorise la production de ses mouvements ; mais, d'autre part, on augmente aussi la masse, et, par suite, la difficulté de produire ces mouvements pour des variations nécessairement limitées du champ magnétique.

» Il en résulte d'ailleurs, et l'expérience le confirme, que le diamètre qui produit le meilleur effet doit être d'autant plus grand que le champ est plus intense. On explique ainsi comment des téléphones à grands diamètres et à champs magnétiques relativement intenses, comme les téléphones Gower, Pollard, etc., ne produisent pas d'effets plus grands que des instruments à champs plus faibles, mais de diamètres réduits, comme les téléphones d'Arsonval, Ader, Aubry, etc.

» Il y a donc lieu, si l'on veut obtenir avec un téléphone le maximum d'effet, de combiner convenablement l'épaisseur et le diamètre du diaphragme suivant l'intensité du champ magnétique dont on dispose.

» III. *Influence de l'intensité du champ.* — Cette influence est loin d'être aussi grande qu'on pourrait le croire au premier abord.

» J'ai fait à ce sujet des expériences très variées, en aimantant les noyaux en fer doux des bobines induites à l'aide d'un électro-aimant, au lieu de les fixer, comme on le fait d'habitude, sur les pôles d'un aimant. Il est facile ainsi, en faisant varier l'intensité du courant qui anime l'électro-aimant, de produire des champs magnétiques de grandeurs très différentes.

» Or, en opérant ainsi graduellement, on arrive rapidement à une limite à partir de laquelle l'effet du téléphone ne varie plus sensiblement.

» Cela tient : d'abord à ce que la masse de fer du diaphragme devient

rapidement incapable d'absorber dans son intérieur toutes les lignes de force du champ, et une partie de plus en plus grande de celles-ci traverse le diaphragme, ainsi qu'on s'en aperçoit en y jetant de la limaille de fer : dès lors une portion de plus en plus grande du champ reste sans utilité pour la production des effets téléphoniques. En second lieu, il faut remarquer que ces effets sont dus, en définitive, à des déformations des lignes de force du champ; que celles-ci résistent d'autant plus à la déformation due à l'énergie des ondes provenant de la voix que le champ magnétique est plus intense, et que cette énergie est nécessairement limitée. Ceci s'applique également bien au téléphone-récepteur où l'énergie de la voix est remplacée par celle des ondes électriques que le transmetteur a produites.

» On s'explique ainsi l'insuccès de beaucoup de tentatives faites pour augmenter l'intensité des effets d'un téléphone en augmentant l'énergie de son champ magnétique, et comment, en définitive, on s'est décidé, dans la pratique, à ne se servir que d'appareils de petites dimensions dont les aimants sont relativement faibles, et qui sont d'ailleurs plus maniables.

» IV. *Influence de la forme du champ et des bobines induites.* — On peut dire qu'à ce sujet toutes les formes possibles ont été essayées. Mais il est évident que, théoriquement, la forme dans laquelle les lignes de force sont perpendiculaires à la direction du fil des bobines est la meilleure, toutes choses égales d'ailleurs. C'est ce que M. d'Arsonval a montré en le réalisant dans son téléphone, et mes propres expériences à ce sujet sont conformes à ses conclusions.

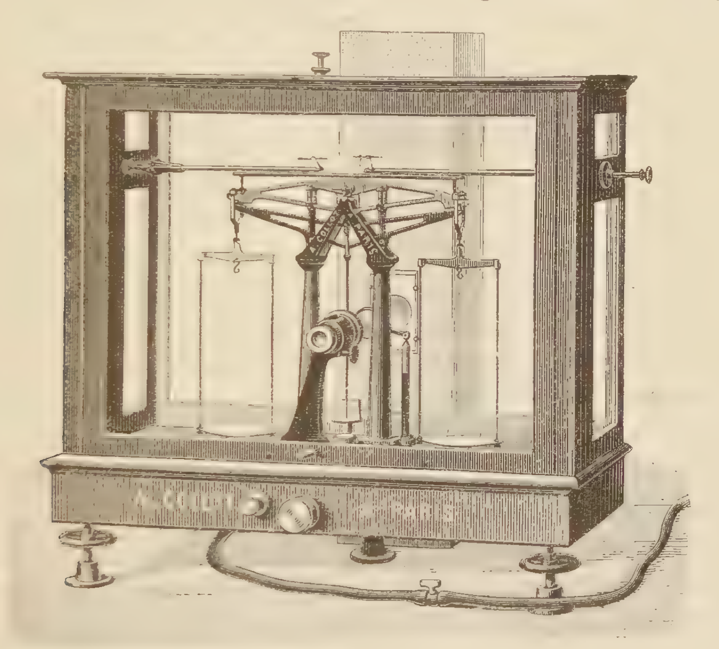
» De plus, les variations de la forme du champ, source des effets téléphoniques, peuvent être facilitées par la plus ou moins grande mobilité du champ, et celle-ci peut être augmentée jusqu'à un certain point par la mobilité de l'aimant et des noyaux des bobines : c'est le résultat obtenu récemment par M. Aubry, en fixant l'aimant à une plaque vibrante; mais il y a là aussi une limite qu'il ne faut pas dépasser et que l'expérience détermine.

» *En résumé*, il résulte de ces derniers faits connus que je viens d'indiquer et de mes propres recherches que, pour obtenir d'un téléphone le maximum de rendement, il faut réaliser principalement les quatre conditions suivantes : 1° favoriser la mobilité des lignes de force du champ; 2° faire traverser les lignes de force par le plus grand nombre possible des fils des bobines et perpendiculairement à leur direction; 3° diminuer l'épaisseur du diaphragme jusqu'à celle qui est juste suffisante pour absorber le

plus grand nombre des lignes de force existant dans son voisinage ; 4° augmenter le rapport du volume induit du diaphragme au volume total, ce qui conduit à diminuer le diamètre jusqu'à une certaine limite. »

PHYSIQUE. — *Appareil de projection lumineuse, applicable aux balances de précision, à l'effet d'obtenir des pesées rapides.* Note de M. **A. Collot** fils, présentée par M. Friedel. (Extrait.)

« Cet appareil de *projection lumineuse*, adapté à une balance de précision, permet d'obtenir des pesées très rapides : pour une même approximation, la vitesse d'oscillation devient cinq ou six fois plus grande, et, par la méthode employée, les derniers centigrammes, les milligrammes



et leurs fractions s'apprécient directement, avec contrôle immédiat. Comme l'appareil est indépendant des organes de la balance, il peut se placer sur toutes les balances de précision existant déjà dans les laboratoires.

» La modification apportée à la balance consiste à déplacer le centre de gravité du fléau de façon à diminuer la sensibilité et, par suite, à obtenir une vitesse beaucoup plus grande ; puis, par des moyens optiques, augmenter considérablement l'amplitude des oscillations. Au lieu d'observer

les oscillations au microscope, on les projette sur un écran divisé, formant cadran, dont la division est vue par transparence.

» L'appareil est formé par un petit objectif achromatique, qui termine le corps d'un microscope dans lequel se trouve l'écran divisé qui reçoit l'image amplifiée du réticule fixé sur l'aiguille, réticule sur lequel se trouvent projetés les rayons, condensés au moyen d'une forte loupe, qui proviennent d'une source lumineuse placée derrière la balance. La mise au point se fait au moyen d'un pignon et d'une crémaillère.

» La source lumineuse actuellement employée est un bec de gaz avec réflecteur (¹); il est placé dans une boîte en noyer, pour éviter toute projection de chaleur sur la balance : ce bec, ainsi isolé, n'est allumé que pendant une ou deux minutes au maximum, à la fin de chaque pesée : aussi, en fixant un thermomètre dans la cage, on constate qu'il ne se produit aucune variation, même très faible, de température.

» Pour exécuter une pesée, le gaz étant établi en veilleuse, on procède comme pour une balance ordinaire, jusqu'à ce que l'extrémité de l'aiguille ne sorte plus du cadran inférieur : on compte alors la différence des nombres des divisions faites par l'aiguille à droite et à gauche du zéro. Cette différence, multipliée par la valeur approchée, en milligrammes, de chaque division de ce cadran (valeur donnée avec l'instrument), donne immédiatement le nombre de centigrammes et de milligrammes qu'il faut ajouter aux poids déjà placés sur le plateau de la balance pour avoir l'équilibre, à une demi-division près du cadran inférieur. La valeur de chaque division de ce cadran varie de 3^{mgr} à 10^{mgr}, suivant que la balance accuse $0^{mgr},10$ ou $0^{mgr},5$. Comme le cadran comprend 10 divisions de chaque côté du trait-milieu, on apprécie ainsi sans tâtonnements les trois derniers centigrammes ou le dernier décigramme, suivant la sensibilité.

» A ce moment, on ferme les portes de la cage, pour éviter tout courant d'air, on ouvre le gaz au moyen d'un robinet régleur et l'on met la balance en marche en abaissant d'abord le bras, puis l'arrêt des plateaux; on lit alors la différence des divisions parcourues à gauche et à droite, sur le cadran lumineux, par l'image du réticule. Sur ce cadran, les images sont renversées, mais la pratique fait rapidement disparaître cette petite difficulté. Ce nombre de divisions indique le nombre de milligrammes et de fractions de milligramme dont il faut déplacer le cavalier sur sa règle, pour obtenir l'équilibre parfait, équilibre que l'on vérifie par une simple

(¹) Le bec de gaz peut être remplacé par une petite lampe électrique.

lecture. Chaque demi-division du cadran correspond, comme poids, à la sensibilité indiquée pour l'instrument.

» Avec un peu d'habitude, une pesée exécutée suivant les indications précédentes s'effectue en un temps égal au $\frac{1}{4}$ ou au $\frac{1}{5}$ du temps moyen nécessaire avec une balance ordinaire. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du phénol sodé et du naphtol sodé sur le camphre cyané*. Note de M. J. MINGUIN, présentée par M. Friedel.

« Dans une Note publiée récemment aux *Comptes rendus*, j'ai montré que le benzylate de soude, réagissant sur le camphre cyané, donne naissance au composé $C^8H^{14}\begin{cases}CH^2CAz\\CO^2C^7H^7\end{cases}$ et que, dans les eaux de lavage provenant de la préparation de ce corps, on trouve l'acide $C^8H^{14}\begin{cases}CH^2CAz\\COOH\end{cases}$.

» Le phénol et le naphtol se comportent d'une façon absolument identique.

» 1° *Action du phénol sodé*. — J'ai chauffé en tubes scellés à 200°-220° pendant vingt-quatre heures 10gr de camphre cyané, 15gr d'acide phénique, tenant en dissolution 0gr,5 de sodium. Le phénate de soude a été préparé dans le tube lui-même. On a eu soin de rendre la masse bien homogène et l'on a introduit le camphre cyané. Les tubes, en sortant du bain d'huile, contiennent une masse excessivement visqueuse qu'on traite par l'eau chaude. On reprend par l'éther; la solution éthérée est lavée plusieurs fois avec de la potasse. On chasse l'éther, on distille. On obtient ainsi une huile très visqueuse, colorée en brun, passant à la distillation entre 265°-270° sous une pression de 4cm de mercure en se décomposant partiellement. Son pouvoir rotatoire dans l'alcool est $\alpha_D = +26°,66$. Saponifié par la potasse aqueuse, ce corps donne de l'acide hydroxycamphocarbonique et de l'acide phénique avec dégagement d'ammoniaque.

» Par analogie, on peut lui attribuer la formule de constitution $C^8H^{14}\begin{cases}CH^2CAz\\CO^2C^6H^5\end{cases}$, ce qui en fait un éther phénylique de l'acide $C^8H^{14}\begin{cases}CH^2CAz\\COOH\end{cases}$. Cet acide, d'ailleurs, existe dans les eaux de lavage à l'état de sel de soude.

» 2° *Action du naphtol sodé* β. — On a chauffé en tubes scellés à 200°-220° pendant vingt-quatre heures 10gr de camphre cyané, 15gr de naphtol ayant dissous 0gr,5 de sodium.

» On a fait réagir le sodium sur le naphtol fondu dans le tube lui-même. On a introduit le camphre cyané et l'on a eu soin de bien mélanger toute la masse. En ouvrant les tubes, on ne constate pas de pression.

» On remarque une masse vitreuse qu'on traite par une solution tiède de potasse. La masse change d'aspect, et l'on obtient un corps solide qu'on reprend par l'éther. Cet éther, lavé plusieurs fois avec de la potasse, abandonne par évaporation des cristaux qui ne deviennent blancs qu'après un certain nombre de cristallisations. Ce corps fond à 117°; l'éther, l'alcool le dissolvent assez difficilement. Il est plus soluble dans la benzine et le toluène. Le rendement est faible; j'ai obtenu 10^{gr} de ce corps pour 40^{gr} de camphre cyané employé. Son pouvoir rotatoire dans le toluène est $\alpha_D = +17°,1$.

» L'analyse conduit à la formule $C^8H^{14}\begin{cases} CH^2CAz \\ CO^2C^{10}H^7 \end{cases}$. C'est l'éther naphtylique de l'acide cité plus haut. La saponification de ce corps par la potasse donne naissance à un dégagement d'ammoniaque; il y a formation d'acide hydroxycamphocarbonique et de naphtol.

» J'espère pouvoir indiquer sous peu les résultats obtenus dans le traitement de l'éther camphocarbonique par l'alcool benzylique, le phénol et le naphtol sodés. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la production des alcools supérieurs pendant la fermentation alcoolique.* Note de M. **L. Lindet**, présentée par M. Duclaux.

« Une des questions les plus intéressantes que l'on puisse se poser, dans l'étude de la fermentation alcoolique, est celle de l'origine des alcools supérieurs. Ces alcools se rencontrent dans tous les liquides fermentés et l'on est en droit de supposer qu'ils sont les produits nécessaires de la fermentation normale et font partie de ce que l'on a appelé l'*équation alcoolique*. J'ai voulu vérifier cette hypothèse, en faisant fermenter un moût, et en recherchant les alcools supérieurs dans ce moût à différentes époques de sa fermentation. Si ces alcools supérieurs se présentent à tout moment, par rapport à l'alcool produit, en proportion constante, c'est qu'ils proviennent effectivement de la décomposition du sucre par la levure, au moment où celle-ci accomplit sa fonction alcoolique; si la proportion en varie, au contraire, du commencement à la fin de la fermentation, il faudra attribuer à la formation de ces alcools une origine différente. C'est à cette conclusion que semble avoir abouti l'expérience que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie.

» J'ai choisi, pour faire cette expérience, un moût de grains que j'ai préparé moi-même en suivant les procédés industriels actuellement en usage dans les fabriques de levure ; 4^{hlit},200 de moût (dans la composition duquel entraient, par hectolitre, 8^{kg} de maïs, 8^{kg} de seigle, 8^{kg} de malt d'orge, soit au total 100^{kg} de grains), ont été acidulés (2^{gr},6 SO^4H^2 par litre), et mis en levain, en cuve ouverte, avec 750^{gr} de levure spécialement choisie à la distillerie de Maisons-Alfort. La fermentation, qui a duré trente-huit heures, dont la température s'est élevée de 20° à 27° pour revenir à 20°, s'est effectuée d'une façon normale.

» J'ai prélevé des échantillons de moût quatorze heures (150^{lit}), vingt heures (110^{lit}), et trente-huit heures (80^{lit}) après la mise en levain, et je les ai distillés au moyen d'un alambic brûleur que M. Egrot a bien voulu mettre à ma disposition. J'ai obtenu de cette façon trois flegmes correspondant à la composition du moût, au moment où celui-ci contenait 1,84; 3,44; 6,27 pour 100 d'alcool. J'ai cru également intéressant d'abandonner vingt-quatre heures dans la cuve le reste du moût dont la fermentation venait d'être terminée pour le distiller ensuite, et obtenir ainsi un quatrième flegme.

» Les quatre flegmes ont été concentrés dans un appareil à colonne de M. Deroy et les alcools ont été analysés par la distillation fractionnée dans des tubes Le Bel et Henninger. En conduisant ces distillations sur les mêmes quantités d'alcool, au moyen des mêmes tubes, dans des conditions identiques en un mot, j'ai pu séparer des quantités d'alcools insolubles qui présentent entre elles des différences assez grandes pour qu'on ne puisse les attribuer à des erreurs d'analyse.

Durée de la fermentation après la mise en levain.	Alcool produit pour 100 du moût.	Quantité d'alcool à 100° soumis à l'analyse.	Quantité d'alcools insolubles obtenus.	Alcools insolubles par litre d'alcool.
h		lit	cc	cc
14	1,84	2,800	10,2	3,64
20	3,44	2,650	11,8	4,45
38	6,27	2,655	17,1	6,44
24 après la fermentation.	6,55	2,630	24,2	9,20

» Pour bien saisir la marche progressive que la formation des alcools supérieurs a suivie, il m'a paru avantageux de calculer la proportion d'alcools supérieurs produits pendant chaque période par rapport à la quantité d'alcool formé pendant le même temps; on se trouve alors en face de chiffres qui montrent de la façon la plus nette que la production des alcools supérieurs a été lente au début, pour devenir des plus actives une fois la fermentation terminée.

	Alcool formé dans 100^{lit} de moût.	Alcools supérieurs formés dans 100^{lit} de moût.	Alcools supérieurs pour 100 de l'alcool formé.
	lit	cc	cc
De 0h à 14h	1,84	6,62	0,36
De 14 à 20	1,60	8,69	0,54
De 20 à 38	2,83	25,13	0,88
24h heures après la fermentation.	0,28	39,82	14,07

» En face de ces résultats, il est impossible de conclure que les alcools supérieurs soient uniquement produits par la fermentation normale du sucre, et il faut attribuer à une autre cause la formation de la majeure partie de ces alcools.

» Tout d'abord il convient de ne pas perdre de vue ce fait, qu'à la fin de la fermentation la vie de la levure peut être troublée par les phénomènes d'autophagie. Ne trouvant plus de sucre à sa disposition, elle décompose la réserve hydrocarbonée, le glycogène qu'elle a accumulé pendant sa vie de ferment, et il est possible qu'à ce moment elle donne naissance à des quantités d'alcools supérieurs différentes de celles qu'elle a produites au cours même de la fermentation.

» Mais il est de ces expériences une interprétation plus probable qui me porte à admettre que les alcools supérieurs sont dus, pour la plus grande partie du moins, au développement d'un organisme microscopique dont l'action se trouve, au début de la fermentation, étouffée par l'action de la levure, et qui reprend son activité quand celle-ci a terminé son œuvre.

» On peut, en se plaçant au point de vue industriel, tirer de ce travail des conclusions intéressantes.

» On sait que, par la fermentation dite complémentaire, le vin, le cidre, la bière, prennent un bouquet qu'ils n'avaient pas aussitôt après la fermentation tumultueuse terminée. Pendant cette fermentation complémentaire, l'alcool s'éthérifie au contact des acides; mais, en même temps, comme je viens de le montrer, des alcools supérieurs se forment, alcools supérieurs dont l'odeur est repoussante quand ils sont isolés, mais qui, en faible quantité, donnent à l'alcool un arome spécial, alcools supérieurs dont les éthers, en tout cas, auront un parfum plus accentué que les éthers de l'alcool éthylique.

» S'il est bon d'abandonner les boissons à la fermentation complémentaire, pour parfaire l'arome qu'elles doivent posséder, il n'en est pas de même des moûts industriels qui sont appelés à fournir des alcools neutres. Plus on attendra avant de passer ces moûts à la colonne, plus on s'exposera à voir des alcools supérieurs se former, qui diminueront à la rectification le rendement en alcool bon goût. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Nouvelle méthode pour la recherche des huiles d'olive et de graines, applicable également aux beurres naturels et aux beurres margarinés.* Note de M. **Raoul Brullé.**

« Les recherches poursuivies depuis quelques années, à la station agronomique de Nice, pour la découverte d'un procédé permettant de distinguer facilement les huiles d'olive des huiles de graines ou de leur mélange, nous amènent à décrire le mode d'emploi d'un réactif qui nous paraît appelé à rendre de réels services. Dans les *Comptes rendus* du 15 juillet 1889, nous avons exposé nos premiers essais; nous venons les compléter en indiquant une modification qui rend le procédé plus pratique.

» Le réactif que nous employons est une solution de nitrate d'argent à 25 pour 1000 dans de l'alcool de vin à 95°.

» On verse dans un tube d'essai environ 12^{cc} de l'huile à examiner et 5^{cc} de réactif. On place ensuite le tube dans une capsule ou un vase en verre de Bohême contenant de l'eau maintenue à l'ébullition. On observe, à travers le verre, les changements de teinte subis par les liquides du tube.

» Il est essentiel de filtrer l'huile, pour peu qu'elle n'offre pas une limpidité parfaite.

» Nous avons essayé ce réactif sur des huiles de toutes provenances. Les résultats sont tellement tranchés, si on s'adresse même à des huiles d'olive de différentes qualités, que nous pouvons, par un essai, assigner à chacune sa valeur commerciale.

» Les huiles d'olive vierges, c'est-à-dire de première foulée, donnent, avec le réactif, une belle teinte vert tendre, bien limpide.

» Les huiles de qualité inférieure, de deuxième et de troisième foulée, qui contiennent une petite proportion d'huile provenant des noyaux, noircissent légèrement ou deviennent d'un rouge pâle, mais ne tardent pas à prendre une teinte verte très intense.

» Les huiles d'olive, même fortement colorées, subissent cette réaction. Elle est un peu plus lente, demandant un quart d'heure à vingt minutes d'ébullition; mais la teinte finale est toujours d'un beau vert.

» Si nous examinons ce qui se passe avec des huiles de graines, nous obtenons des résultats absolument différents.

» A l'état de pureté, l'huile de coton soumise à l'essai noircit complètement.

» L'huile d'arachide prend une coloration brun-rouge tout d'abord, puis finit par verdir en perdant sa transparence.

» L'huile de sésame est accusée par une teinte rouge-brun très foncée et reste rougeâtre, tandis que l'huile d'arachide verdit.

» Les huiles de colza et d'œillette prennent des colorations vert-jaune; le liquide est trouble et se distingue très facilement des réactions de l'huile d'olive.

» Enfin, si l'on a affaire à un mélange de ces diverses huiles avec l'huile d'olive, un peu d'expérience permet de déceler les mélanges, même dans les proportions de 5 à 10 pour 100.

» On observe les teintes en regardant le liquide suivant la longueur du tube. Les colorations caractéristiques pour chaque espèce d'huile varient suivant les proportions dans lesquelles ont été faits les mélanges.

» On a ainsi une échelle de couleurs qu'il est très facile à un œil un peu exercé de pouvoir distinguer, tant leurs différences sont accentuées.

» En opérant de la même façon pour les beurres, on parvient à constater, aussi pratiquement que pour les huiles, si l'on a affaire à un beurre naturel ou à un beurre dans lequel on a mélangé de la margarine.

» Traité au réactif, le beurre naturel conserve sa coloration primitive, tandis qu'un beurre de margarine pur devient rouge-brique; cette teinte, quoique moins apparente, se reconnaît facilement pour l'œil le moins exercé dans un beurre contenant moins de 5 pour 100 de margarine; à 10 pour 100, la teinte rouge est très accentuée.

» Des beurres de diverses provenances nous ayant toujours donné des réactions très nettes, nous croyons pouvoir affirmer que notre réactif pourra servir à déterminer la fraude des beurres au moyen de la margarine. »

HYGIÈNE PUBLIQUE. — *Note sur l'intoxication par les Moules.* Note de M. S. Jourdain.

« L'ingestion des Moules est quelquefois suivie d'accidents qui, sans mettre en danger, sauf de très rares exceptions, la vie de la personne qui les éprouve, sont cependant très pénibles et assez sérieux pour exiger souvent l'intervention du médecin. Ces accidents ont un caractère particulier, spécifique en quelque sorte, si bien qu'un praticien exercé reconnaît promptement à quelle cause il faut les rapporter. Les symptômes ne sont pas ceux d'une simple indigestion, mais bien d'un empoisonnement.

» Quelle est la nature du poison qui a ainsi rendu la Moule nuisible? Plusieurs réponses ont été faites à cette question.

» On a parlé de Moules détachées du doublage en cuivre des navires,

et rendues toxiques par les sels de ce métal, comme si l'on avait jamais recueilli une Moule fixée de la sorte et comme si l'empoisonnement par ce Mollusque ressemblait à celui que déterminent les sels de cuivre.

» On a invoqué, comme cause de l'intoxication, la présence du frai des Astéries dans l'intérieur de la Moule. S'il s'agit de l'*Astérie commune* de nos côtes, le frai en est mangé impunément par la *Corneille mantelée,* le *Freux* et divers oiseaux de mer, qui s'en montrent très friands. D'ailleurs a-t-on jamais rencontré, dans une Moule, du frai d'Astérie?

» On a été jusqu'à mettre en cause un petit Crustacé décapode, le *Pinnothère,* commensal fréquent, mais inoffensif, de la Moule.

» Dans ces derniers temps, on a attribué, avec plus de vraisemblance, la toxicité accidentelle de la Moule à la présence d'une ptomaïne, la *mytilotoxine.* Cette ptomaïne paraît exister normalement dans le Mollusque, sans que celui-ci perde son innocuité. Mais, dans certaines conditions, encore indéterminées, la proportion de mytilotoxine s'exagérant, la Moule devient toxique.

» Dans un document officiel paru récemment, il est dit que l'intoxication mytilique est d'une rareté extrême et, de plus, que les Moules nuisibles ne se trouvent que parmi celles qui ont séjourné dans les eaux stagnantes et souillées des ports.

» Mais il convient de remarquer d'abord que les accidents n'ont pas la rareté excessive que leur attribue ce document. Tous les médecins qui exercent dans la zone littorale, où la consommation des Moules se fait sur une plus grande échelle, ont été appelés assez souvent à donner leurs soins à des personnes incommodées. Encore l'intervention de l'homme de l'art est-elle loin d'être réclamée pour tous les cas; souvent on se traite soi-même, ou l'on a recours à un pharmacien.

» Toutefois les accidents n'ont quelque fréquence qu'en raison du nombre énorme de Moules qui entrent dans la consommation. La proportion des individus devenus toxiques doit être très faible et, pour ma part, je pense que l'empoisonnement est déterminé, la plupart du temps, par l'ingestion d'un seul individu nuisible. Que de personnes, en effet, ont mangé des Moules par milliers, sans éprouver d'incommodité, ou n'ont été malades qu'après en avoir usé pendant des années? D'autre part, je sais deux cas dans lesquels l'empoisonnement a été produit par l'ingestion de moins d'une douzaine de Moules, prélevées parmi d'autres qui se montrèrent d'une innocuité complète. Les individus nuisibles étant en petite

proportion, il n'est pas probable que, dans une douzaine, il s'en trouvât plusieurs de mauvaise qualité.

» Est-il vrai, maintenant, que les Moules nuisibles sont celles qui ont séjourné dans des eaux stagnantes et souillées? Au contraire, les accidents peuvent se déclarer après l'ingestion de Moules recueillies sur des rochers baignés par la pleine mer, ou dans des chenaux où la marée renouvelle l'eau incessamment.

» Il me semble donc que, dans l'état actuel de nos connaissances, en admettant que la mytilotoxine soit bien la cause des accidents, nous sommes dans l'ignorance des conditions qui font que la proportion de cette ptomaïne s'exagère au point de rendre le Mollusque dangereux.

» Le document dont j'ai parlé n'admet pas, contre l'opinion généralement reçue, qu'à l'époque du frai la Moule présente plus de dangers. Je me range volontiers à cet avis et, toute autre considération écartée, je crois qu'il y avait lieu de rendre libre, en toute saison, la récolte et la vente d'un Mollusque qui constitue pour l'alimentation des populations cotières un appoint qui n'est point à négliger.

» Une ptomaïne se rencontre, très rarement à la vérité, à dose toxique, dans l'*Huître commune* et occasionne des accidents d'une certaine gravité. Le Mollusque ainsi devenu nuisible n'est point modifié dans son aspect, et il ne paraît point possible de le distinguer d'un spécimen normal [1]. On a aussi attribué ces accidents à la présence de sels de cuivre que, dans des conditions tout exceptionnelles, les Huîtres peuvent effectivement absorber en grande quantité. Mais ces Huîtres n'entrent guère en France dans la consommation, et leur saveur est telle que seul un palais des plus grossiers pourrait les tolérer.

» Des traces de ptomaïnes se retrouvent encore dans d'autres bivalves comestibles, mais elles ne paraissent pas s'y accumuler à dose toxique. Toujours est-il que les troubles qui peuvent survenir après leur ingestion ont le caractère d'une simple indigestion, et non d'un empoisonnement. »

---

[1] Je puis citer le cas d'un connaisseur en Huîtres, lequel se laissa tenter par la fraîcheur et la bonne mine d'une douzaine de ces Mollusques, qui venait d'être ouverte chez un marchand d'une ville maritime. Ces Huîtres furent trouvées excellentes, et cependant leur ingestion fut suivie d'un véritable empoisonnement; un médecin dut être mandé, et le malade ne se rétablit qu'au bout d'une semaine.

BOTANIQUE. — *Contributions à la physiologie de la racine.* Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Duchartre.

« J'ai fait plusieurs séries d'expériences sur la racine, dans le but de continuer une étude commencée depuis longtemps. Me réservant d'en faire connaître plus tard les résultats, je désire seulement présenter aujourd'hui deux cas particuliers, que j'ai rencontrés dans ces expériences.

» 1° Parmi les plantes que je faisais végéter entièrement dans une atmosphère humide, se trouvait un *Phaseolus*, dont une racine de second ordre, poussée d'abord dans l'air, était parvenue à la couche d'eau qui servait à entretenir l'humidité. Elle s'était développée beaucoup plus en longueur que la racine terminale et présentait extérieurement des différences frappantes.

» Toute la partie située au dehors de l'eau était couverte de poils radicaux très nombreux. Au voisinage de l'eau, ces poils s'allongeaient, puis, dans la partie submergée, se raccourcissaient rapidement pour disparaître tout à fait. Je dois dire que les autres radicelles de cette plante se trouvaient abondamment pourvues de ces poils absorbants.

» Le diamètre de la racine diminuait du deuxième centimètre en partant du sommet et allant vers la surface d'émersion, c'est-à-dire sur une longueur d'environ 5^{cm}. Au sortir de l'eau, il changeait brusquement, devenait beaucoup plus faible et, à partir de là, continuait lentement à décroître en remontant vers la base. C'est ainsi que, à 2^{cm} du sommet, à 6^{cm} (un peu au-dessus du niveau de l'eau) et à 9^{cm}, les diamètres étaient de 88, 56 et 46; une radicelle du même âge, mais venue dans l'air humide, avait un diamètre de 40 à 2^{cm} du sommet.

» L'écorce et le cylindre central suivaient les mêmes proportions; les assises corticales, à très peu près en même nombre, présentaient dans l'air des éléments plus petits que dans l'eau; dans le cylindre central, les éléments, plus réduits également, n'offraient de différence sensible que dans le bois, où ils étaient plus tôt différenciés et proportionnellement plus lignifiés quand ils appartenaient à la région aérienne.

» 2° Parmi les plantes dont la racine était constamment dans l'eau, se trouvaient des Fèves chez lesquelles je fus amené à couper les radicelles à mesure qu'elles apparaissaient.

» La racine s'allongea beaucoup. Mais, ce qui intéresse davantage,

c'est que sur toutes les racines traitées comme je viens de le dire, j'ai trouvé des poils abondants. Ils étaient répartis sur toute la longueur de l'organe, depuis un centimètre et demi du sommet jusqu'à la base, alors que des Fèves, dont les racines et les radicelles se sont développées librement, ne présentent que peu ou point de poils dans l'eau.

» Ainsi, je me suis trouvé en présence d'un cas non encore signalé.

» La racine de Fève, se développant librement dans l'eau, produit d'ordinaire de nombreuses radicelles qui augmentent considérablement la surface d'absorption ; en supprimant ces radicelles, j'ai mis la racine terminale dans des conditions nouvelles auxquelles elle s'est adaptée pour suppléer à la surface disparue; elle s'est couverte de nombreux poils absorbants dont la longueur pouvait atteindre jusqu'à quinze fois la largeur. »

BOTANIQUE. — *Influence de l'éclairement sur la production des piquants des plantes* (1). Note de M. A. **Lothelier**, présentée par M. Duchartre.

« On sait que beaucoup d'espèces végétales présentent des organes appendiculaires terminés en pointe piquante. Tantôt ce sont de simples protubérances corticales (*Ribes*), tantôt un membre de la plante arrêté dans son développement (*Berberis*). Il est également connu que la culture modifie les plantes à piquants, soit en faisant disparaître ceux-ci (*Rosa*), soit en les transformant en organes normaux (*Prunus spinosa*).

» Je me suis proposé de rechercher les causes qui accélèrent ou retardent la production des piquants. C'est ainsi que, après avoir étudié l'influence de l'état hygrométrique de l'air (2) sur les plantes piquantes, j'étudie aujourd'hui l'influence de la lumière.

» *Berberis vulgaris.* — Deux pieds de *Berberis* ont poussé séparément sous une cloche. Le pied *a* recevait la lumière de toutes parts, tandis que le pied *b* ne la recevait que du côté nord. Des différences extérieures se sont manifestées nettement. Le pied *a*, qui recevait la lumière directe du soleil, a poussé normalement, c'est-à-dire

(1) Ces expériences ont été faites au laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, dirigé par M. G. Bonnier.

(2) *Influence de l'état hygrométrique de l'air sur la production des piquants* (*Bulletin de la Soc. Bot. de France*, 1890).

qu'après avoir donné une rosette de feuilles parenchymateuses à la base il a perdu progressivement le parenchyme de ses feuilles, et celles-ci se sont peu à peu trouvées réduites à leurs nervures qui se sont durcies et sont devenues piquantes. En outre, à mesure que le parenchyme foliaire réduit, et même disparu, ne suffit plus à assurer l'assimilation chlorophyllienne, celle-ci s'effectue par des bouquets de feuilles parenchymateuses naissant très tôt à l'aisselle de la feuille piquante.

» Le pied *b*, au contraire, qui ne recevait pas la lumière directe du soleil, a donné 15 feuilles (le pied *a* en avait donné 16, dont 7 seulement à parenchyme bien développé) toutes entièrement parenchymateuses et n'offrant pas trace de piquants. Il ne s'est pas produit de bouquets de feuilles à l'aisselle de ces dernières.

» Si l'on compare la tige et les feuilles inférieures de la plante ayant poussé au soleil à la tige et aux feuilles de la plante qui a poussé à l'ombre, on peut constater toutes les différences externes et internes que M. Dufour a nettement exposées dans un travail récent ([1]), à savoir : un plus grand développement et une plus grande différenciation au soleil qu'à l'ombre. J'ai pu voir, en outre, dans ce cas particulier, que le piquant médian, par exemple, qui représente la nervure médiane de la feuille, présente sur tout son pourtour une large bande de sclérenchyme hypodermique interrompu seulement suivant deux lignes longitudinales à la face inférieure. Ces deux lignes restées parenchymateuses sont seules munies de stomates, et le tissu assimilateur se trouve de la sorte refoulé vers le centre. De plus, le faisceau libéro-ligneux médian du piquant est noyé dans une bande de sclérenchyme qui va de l'épiderme supérieur à l'épiderme inférieur. Dans la feuille parenchymateuse de la plante ayant poussé à l'ombre, au contraire, le sclérenchyme hypodermique n'existe que sur les bords de la feuille, et la bande scléreuse qui entoure le faisceau libéro-ligneux médian n'atteint pas l'épiderme inférieur.

» *Robinia pseudacacia.* — Des rameaux de *Robinia pseudacacia* exposés respectivement à des intensités lumineuses diverses ont également présenté de grandes différences. Ainsi, tandis que la longueur moyenne des piquants du rameau qui a poussé au soleil atteint 9^{mm}, elle n'est, à l'ombre, que de 1^{mm} seulement. A sa base, le diamètre du premier piquant est double de celui du second. Les trachées y sont aussi beaucoup plus nombreuses, et il y existe souvent un petit faisceau libéro-ligneux supplémentaire qui ne se voit pas dans le second.

» *Ulex europæus.* — De même encore, des rameaux piquants d'*Ulex europæus* ont atteint, au soleil, une longueur moyenne de 18^{mm}, alors qu'à l'ombre ils n'arrivaient qu'à 10^{mm}. Les premiers se distinguent aussi par un plus grand développement du bois. En outre, les cellules de la moelle et des larges rayons médullaires se sont allongées en fibres à parois fortement épaissies et lignifiées, ce qui donne au piquant une plus grande rigidité.

» *Cratægus oxyacantha.* — Deux pieds de *Cratægus oxyacantha* m'ont encore donné des différences dans le même sens. La longueur moyenne du piquant, repré-

---

([1]) Dufour, *Influence de la lumière sur les feuilles* (*Ann. des Sc. nat.*, 7ᵉ série; 1887).

sentée par 4^{mm} à l'ombre, atteint au soleil 11^{mm}; et ici encore s'observe une prédominance du bois en faveur de la plante exposée au soleil.

» *Ribes Uva crispa.* — Les émergences corticales des *Ribes* présentent elles-mêmes, au soleil, un plus grand développement en longueur et en diamètre. En outre, ceux de ces organes qui n'ont pas de position morphologique fixe et qui poussent sur la tige sans ordre et en nombre indéterminé naissent beaucoup plus nombreux sur la plante la plus éclairée. Il peut y en avoir jusqu'à deux et même trois fois plus au soleil qu'à l'ombre.

» *En résumé,* on voit, d'après ce qui précède, qu'à une lumière plus vive les piquants des plantes se forment plus nombreux, plus développés, plus différenciés.

» Le *Berberis vulgaris,* par exemple, est une plante dont l'adaptation est particulièrement facile. Suivant les conditions d'éclairement auxquelles on la soumet, on peut, à volonté, y produire des feuilles ordinaires parenchymateuses, assimilatrices, ou des feuilles réduites, pour ainsi dire, à leurs nervures et terminées en pointe. On voit, en outre, ici que, par une sorte de balancement organique, le rôle assimilateur, qui est très amoindri dans les feuilles piquantes, se trouve assuré par le développement très hâtif d'un bouquet de feuilles riches en chlorophylle à l'aisselle des piquants. »

PÉTROGRAPHIE. — *Sur des sables diamantifères recueillis par M. Charles Rabot dans la Laponie russe (vallée du Pasvig).* Note de M. **Ch. Vélain**, présentée par M. Fouqué.

« Dans ses explorations remarquables de la Laponie russe, poursuivies à trois reprises différentes depuis 1884, M. Charles Rabot a recueilli d'importantes collections de roches dont il a bien voulu me confier l'examen. Parmi ces échantillons figurent des sables chargés de grenat, provenant de la vallée du Pasvig, et dans lesquels on pouvait s'attendre à trouver quelques minéraux intéressants, cette rivière traversant une région gneissique où se présentent, nombreuses, des enclaves de granites et de pegmatites. Leur examen attentif n'a pas trompé cette attente, puisqu'il m'a permis de reconnaître qu'ils renfermaient du *diamant,* détermination qui devient d'autant plus intéressante que la présence de sables diamantifères était jusqu'alors inconnue en Europe. Aussi j'ai cherché à l'établir sur des données précises et à faire de ces sables une analyse aussi complète que possible.

» Voici, par ordre de fréquence, les minéraux qu'un examen microscopique, contrôlé par des essais au chalumeau, a permis d'y reconnaître :

» 1. Grenat (almandin); 2. Zircon; 3. Amphiboles brune et verte; 4. Glaucophane; 5. Disthène; 6. Pyroxène; 7. Quartz; 8. Corindon; 9. Rutile; 10. Magnétite; 11. Staurotide; 12. Andalousite; 13. Tourmaline; 14. Épidote; 15. Feldspath (oligoclase); 16. Diamant.

» *Grenat*. — Un grenat fusible attribuable à l'almandin forme la moitié de ces sables, où il se présente en grains roulés d'un rose pâle, en petits fragments à angles assez vifs, plus rarement en rhombododécaèdres b^1, nettement terminés. Remarquablement isotropes, ils sont souvent riches en inclusions, les unes gazeuses, les autres cristallines, fournies par du quartz, du mica noir, du fer oxydulé, et surtout de fines aiguilles de rutile, disposées symétriquement suivant les côtés de l'hexagone.

» Le *zircon*, très abondant, se présente en petits fragments peu roulés, souvent à angles vifs, parfois avec quelques rares faces cristallines mb^1. Inattaquables, infusibles, ces cristaux, d'un brun très pâle, perdent leur couleur après calcination; ils deviennent également incolores, dans les lames minces, et présentent, avec des traces bien nettes de clivages suivant h^1, des pores à gaz très fortement estompés. On les remarque doués d'une biréfringence positive très énergique.

» L'*amphibole*, également très répandue, en grains irréguliers de dimension toujours faible, fusibles en verre plus ou moins coloré, est représentée par deux variétés : l'une très foncée du type de la hornblende et douée comme elle d'un polychroïsme bien marqué, du vert d'herbe foncé au jaune pâle en passant par le vert sombre; l'autre verte, de couleur plus claire et par suite peu polychroïque. Dans les sections basiques, les clivages mm avec l'angle de 124° caractéristique sont bien marqués.

» La *glaucophane*, fréquente, en grains d'un bleu lavande allongés, avec son polychroïsme typique, présente toutes les propriétés optiques de cette amphibole sodifère; la seule particularité à noter est la fréquence des inclusions de fer oxydulé qui s'alignent dans le sens de l'allongement.

» Le *pyroxène*, moins abondant, se traduit par de petits grains arrondis, d'un vert clair, à peine polychroïques et facilement fusibles en verre incolore ou à peine teinté de jaune. Les clivages $mm = 87°$, espacés et bien nets, avec des traces moins distinctes de clivage h^1 ont pu être observés.

» Le *disthène* apparaît en paillettes bleu de ciel ou en petites plaques lamelleuses à arêtes vives allongées, marquées dans le sens de l'allongement par les traces de clivages faciles h^1 et par les stries fines perpendiculaires espacées suivant p, non moins caractéristiques. Infusibles et inattaquables aux acides, ces cristaux parés de vives couleurs de polarisation, parfois maclés suivant p^1, sont dépourvus de polychroïsme aussi bien que d'inclusions.

» Le *corindon*, assez répandu, s'observe en petits grains brillants ou bleu pâle, qui rayent la topaze et restent infusibles. Simples ou maclés suivant p, tous paraissent dépourvus de clivages. Ils ont la réfringence et la biréfringence de ce minéral. Quelques grains d'un bleu d'azur très clair et polychroïques perdent leur teinte par l'action de la chaleur; ils peuvent être attribués au saphir.

» Le *rutile* apparaît en fragments non roulés, d'un noir assez vif, toujours bien distincts à l'œil nu, grâce à leurs dimensions. Un éclat adamantin presque métallique, joint à cette coloration très foncée, l'indique comme devant contenir du fer. Ils sont douées d'une très forte biréfringence. On observe les macles géniculées suivant b^1 caractéristiques.

» Après ces minéraux, les *minerais* deviennent les éléments les plus abondants. La magnétite, en grains roulés très rarement anguleux, de dimensions diverses, n'offre d'autre particularité à signaler que de renfermer à l'état d'inclusion de l'apatite. Des grains plus ternes, non attirables à l'aimant, doivent être probablement attribués à l'ilménite.

» La *staurotide*, l'*andalousite*, la *tourmaline*, le *sphène*, en petits fragments brunâtres, opaques, parfois fusiformes; l'épidote, en grains vert-bouteille très polychroïques, fusibles, après boursouflement, sur les bords, en verre brun foncé; le *quartz* et le *feldspath*, qui ne figurent ensuite dans ces sables qu'à titre exceptionnel, ne présentent aucun caractère spécial. Notons cependant que le quartz, assez riche en inclusions gazeuses et liquides, est parfois dihexaédrique; que le feldspath, toujours très rare, maclé suivant la loi de l'albite, présente les angles d'extinction de l'*oligoclase*.

» *Diamant*. — En dernier lieu figurent au milieu de ces éléments, presque tous colorés, de petits fragments incolores anguleux, plus rarement arrondis, à surfaces cannelées dont la dimension, toujours très faible, ne dépasse guère $0^{mm},25$; exceptionnellement, un cristal atteignant $1^{mm},5$ a été observé. Tous présentent un éclat adamantin très vif, une très forte réfringence, et se comportent dans la lumière polarisée comme une substance absolument isotrope, les seuls indices de biréfringence faible présentés devant être attribués à des phénomènes de trempe.

» Soumis à l'action des réactifs oxydants (acide azotique avec chlorate de potasse), ils demeurent intacts; enfin l'essai de la dureté a permis de constater que ces fragments infusibles pouvaient rayer le corindon. Or on sait que tous ces caractères sont ceux qui s'appliquent spécialement au diamant. Pour plus de précision, un fragment a été brûlé complètement dans un excès d'oxygène et n'a fourni que de l'acide carbonique. Dans ces diamants, qui ont pu être extraits par l'action prolongée de l'acide fluorhydrique activée par l'acide sulfurique concentré, la limpidité du cristal est singulièrement altérée par des inclusions, les unes très fines, arrondies, à bords estompés attribuables à des pores à gaz identiques à ceux signalés par Brewster; les autres, cristallines, plus rares, mais dont les dimensions sont à ce point affaiblies que leur détermination ne saurait être faite avec précision.

» En résumé, les minéraux qui forment la masse principale de ces sables diamantifères ne sont autres que ceux des roches éruptives (granites et pegmatites) et des roches gneissiques de la région; gneiss qui, le plus souvent granulitiques, offrent de belles variétés à amphibole ou à pyroxène. Ainsi s'expliquent les différences qu'ils présentent dans leur composition avec les sables de même nature de l'Inde et du Brésil, dans lesquels, à simple vue ou à l'aide d'une loupe, M. Damour a pu reconnaître 28 espèces distinctes, différences du reste très faibles qui ne portent guère

que sur la présence de l'épidote, non encore signalée, et l'absence des chlorophosphates hydratés si fréquents dans les sables du Brésil. La plus grande partie des éléments des sables de la Laponie sont ceux qui forment le cortège habituel du diamant.

» Quant au point de départ de ce minéral, il est vraisemblable d'admettre qu'on puisse venir le chercher dans le démantellement des pegmatites de la région, surtout si l'on se rapporte à ce fait que M. Chaper a signalé la présence du diamant, en place, dans les pegmatites de l'Hindoustan ([1]). »

M. F. **Störmer** adresse une Note relative à un appareil auquel il donne le nom d' « Inhalateur norvégien ».

M. **Rey de Morande** adresse une Note « Sur les rivages maritimes paléozoïques ».

M. E. **Delaurier** adresse des « Remarques sur les observations récentes de la planète Vénus ».

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Économie rurale, par l'organe de son doyen M. Schlœsing, présente la liste suivante de candidats à la place laissée vacante par le décès de M. *Peligot* :

En première ligne, à l'unanimité . . . . M. **Aimé Girard**.
En deuxième ligne, ex æquo *et par ordre alphabétique*. { M. **Chambrelent**. / M. **Müntz**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 6 heures. M. B.

([1]) Chaper, *Sur les pegmatites diamantifères de l'Hindoustan* (*Comptes rendus*, 14 janvier 1884).

ERRATA.

—

(Séance du 5 janvier 1891.)

Renouvellement annuel du Bureau :

Page 13, ligne 3, *au lieu de* dans l'une des Sections de Sciences physiques, *lisez* dans l'une des Sections de Sciences mathématiques.

Note de M. *R. Moniez*, Sur l'*Allantonema rigida* v. Siebold :

Pages 60, 61 et 62, *au lieu de* Atlantonema, *lisez* Allantonema.

Note de M. *W. Kilian*, Contributions à la connaissance géologique des chaînes alpines :

Page 64, ligne 1, *au lieu de* cîmes *lisez* cime.
Page 65, ligne 1, *au lieu de* Lachatz, *lisez* Lachat.
Page 65, ligne 2, *enlevez* la virgule.
Page 65, ligne 3, *au lieu de* nous avons, *lisez* (nous avons....
Page 65, ligne 20, *au lieu de* Bocca del Serii, *lisez* Rocca del Serù.
Page 66, ligne 2, *au lieu de* l'Eychanda, *lisez* l'Eychauda.
Page 66, ligne 4, *au lieu de* Guillestre, *lisez* Guillestre].
Page 66, lignes 4 et 5, *au lieu de* à l'ouest, col de Varbuche (Savoie), Plan de Phazy, vallée de Barcelonnette, *lisez* à l'ouest [col de Varbuche (Savoie), Plan de Phazy, vallée de Barcelonnette].
Page 66, ligne 39, *au lieu de* gypses, cargneules inférieurs, *lisez* gypses (cargneules) inférieurs.

Note de M. *A. Delebecque*, Sondages du lac Léman :

Page 67, ligne 20, *au lieu de* Condrée, *lisez* Coudrée.